RESUMEN EJECUTIVO

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE MANIOBRAS CRUZ AZUL

Seybaplaya, Campeche

CEMENTOS CRUZ AZUL CAMPECHE, S.A. DE C.V.

2026

CONTENIDO

I DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 5
I.1 Proyecto 5
I.1.1 Nombre del Proyecto 5
I.1.2 Ubicación del Proyecto 5
I.1.3 Tiempo de vida útil del Proyecto 6
I.1.4 Presentación de la documentación Legal 8
I.2 Promovente 8
I.2.1 Nombre o razón social 8
I.2.2 Registro federal de Contribuyentes 8
I.2.3 Nombre y Cargo del Representante Legal 9
I.3 Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental 9
I.3.1 Nombre o razón social 9
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP 9
I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio 9
I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio 9
II . DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 10
II.1 Información general del Proyecto 10
II.1.1 Naturaleza del Proyecto 11
II.1.2 Selección del sitio 12
II.1.3 Ubicación física del Proyecto y planos de localización 15
II.1.4 Inversión requerida 17
II.1.5 Dimensiones del Proyecto 18
II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y en sus colindancias 18
II.1.7 Urbanización de área y descripción de servicios requeridos 20
II.2 Características particulares del Proyecto 23
II.2.1 Programa general de trabajo 28
II.2.2 Preparación del sitio 30
II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del Proyecto 38
II.2.4 Etapa de construcción 41
II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento 67
II.2.6 Descripción de obras asociadas al Proyecto 72
II.2.7 Etapa de abandono del sitio 76

II.2.8 Utilización de explosivos 77

II.2.9 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmosfera ... 77

II.2.10 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos 81

III VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL, Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.1 Legislación Nacional ..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.1.2 Sistema Eléctrico Nacional ..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.2 Leyes y Reglamentos Federales..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.2.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**¡Error! Marcador no definido.**

III.2.2 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental**¡Error! Marcador no definido.**

III.2.3 Ley General de la Vida Silvestre (LGVS)..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.2.4 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.2.5 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**¡Error! Marcador no definido.**

III.2.6 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.2.7 Ley de la Industria Eléctrica (LIE)..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.3 Normas Oficiales Mexicanas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.3.1 Normas en Materia de Protección de Flora y Fauna..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.3.2 Normas en Materia de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial**¡Error! Marcador no definido.**

III.3.3 Normas en Materia de Residuos Peligrosos..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.4 Instrumentos de Política Ambiental..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.4.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMCM)..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.4.2 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)**¡Error! Marcador no definido.**

III.4.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Seybaplaya.**¡Error! Marcador no definido.**

III.5 Instrumentos de conservación..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.5.1 Áreas Naturales Protegidas..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.5.2 Regiones Prioritarias de Conservación..... **¡Error! Marcador no definido.**

III.5.3 Planeación Territorial y Desarrollo Urbano..... **¡Error! Marcador no definido.**

IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 83
IV.1 Delimitación del área de estudio 83
IV.1.1 Área de Influencia Directa (AID) 84
IV.1.2 Área de Influencia Indirecta (AII) 85
IV.2 Caracterización y Análisis del Sistema Ambiental ..... **¡Error! Marcador no definido.**
IV.2.1 Aspectos Abióticos ..... **¡Error! Marcador no definido.**
IV.2.2 Aspectos Bióticos ..... **¡Error! Marcador no definido.**
IV.2.3 Paisaje ..... **¡Error! Marcador no definido.**
IV.2.4 Medio socioeconómico ..... **¡Error! Marcador no definido.**
IV.2.5 Diagnostico Ambiental 87
V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 93
V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 93
V.1.1 Indicadores de impacto 95
V.1.2 Lista indicativa de indicadores 96
V.1.3 Criterios y escalas de evaluación 98
VI MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 108
VI.1 Descripción de las medidas preventivas y de mitigación por componente ambiental 109
VI.1.1 Vegetación 109
VI.1.2 Fauna silvestre y hábitat 110
VI.1.3 Suelo 113
VI.1.4 Agua 116
VI.1.5 Paisaje 119
VI.1.6 Aire, ruido y manejo de residuos 121
VII PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 124
VII.1 Pronóstico del escenario ambiental 124
VII.1.1 Escenario sin el Proyecto 124
VII.1.2 Escenario con el Proyecto sin aplicación de medidas ambientales 125
VII.1.3 Escenario con el Proyecto y aplicación de las medidas ambientales propuestas 127
VII.1.4 Escenario ambiental esperado al término de la estabilización del sistema 130
VII.2 Conclusiones 132

I DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.1 Proyecto

I.1.1 Nombre del Proyecto

Subestación eléctrica de maniobras Cruz Azul (en lo sucesivo, el Proyecto)

I.1.2 Ubicación del Proyecto

El Proyecto se ubicará al norte de la cabecera municipal de Seybaplaya, en el predio denominado “Punta del Morro”, S/N, Colonia Santa Clara, C.P. 24460, entre las coordenadas 19° 38' 21.12’’ latitud norte y 90° 41' 15.36’’ longitud oeste.

El sitio se localiza aproximadamente a 1.6 km al norte del acceso principal al Puerto de Seybaplaya y a 2.8 km al noroeste del centro de la localidad de Seybaplaya. Asimismo, se ubica a una distancia aproximada de 580 a 600 metros al este de la Carretera Federal No. 180, tramo Campeche–Champotón, vialidad que constituye una barrera física entre el predio y la zona costera.

El acceso al predio se realiza desde el entronque Seybaplaya–API, continuando por la Calle 14 y posteriormente por un camino de terracería de aproximadamente 780 metros de longitud, ubicado al costado derecho de la Carretera Federal No. 180. El predio corresponde a un terreno rústico localizado en el municipio de San Francisco de Campeche, Estado de Campeche.

FIGURA 1 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



I.1.3 Tiempo de vida útil del Proyecto

El Proyecto denominado “Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul” se desarrollará de manera continua desde la etapa de preparación del sitio hasta su operación permanente como infraestructura asociada al Sistema Eléctrico Nacional. A continuación, se describe la duración estimada de las distintas etapas del Proyecto:

a) Etapa de preparación del sitio y construcción

Conforme al Programa General de Trabajo, la etapa de preparación del sitio y construcción tendrá una duración aproximada de 285 días naturales (9.5 meses), periodo durante el cual se ejecutarán actividades de gestoría y trámites administrativos; terracerías y nivelación; cimentaciones; obra civil; montaje electromecánico; instalación de equipos; y pruebas y puesta en servicio. Durante esta etapa se desarrollarán las obras permanentes, asociadas y auxiliares requeridas para la operación de la subestación eléctrica en 115 kV.

b) **Etapa de operación y mantenimiento**

La infraestructura proyectada será diseñada y construida conforme a los criterios técnicos aplicables para instalaciones de transmisión eléctrica en 115 kV, considerando condiciones de seguridad, confiabilidad y continuidad operativa.

En términos generales, los equipos primarios asociados a la subestación, tales como interruptores de potencia, cuchillas seccionadoras, transformadores de instrumento, estructuras metálicas, sistemas de protección, control y comunicación, presentan vidas útiles individuales que pueden superar los 30 años bajo condiciones adecuadas de operación y mantenimiento especializado.

No obstante, el Proyecto contempla la aplicación permanente de programas de mantenimiento preventivo, correctivo y, en su caso, sustitución o modernización de componentes que alcancen el final de su vida útil operativa, permitiendo conservar la funcionalidad y continuidad de la infraestructura en el largo plazo.

En este sentido, la vida útil operativa del Proyecto se considera de largo plazo y potencialmente superior a **30 años**, dependiendo de las condiciones de operación del Sistema Eléctrico Nacional; los programas de mantenimiento implementados; la modernización tecnológica de equipos; las necesidades futuras de transmisión eléctrica; y la expansión de la red eléctrica regional.

c) Etapa de abandono del sitio

Actualmente no se contempla el abandono del Proyecto, debido a que la subestación forma parte de infraestructura estratégica de transmisión eléctrica asociada al Sistema Eléctrico Nacional. No obstante, en caso de que en el futuro se determine el retiro definitivo, sustitución tecnológica o desmantelamiento parcial o total de las instalaciones, se implementarán las medidas de seguridad, desmantelamiento, manejo de residuos y restauración ambiental que resulten aplicables conforme a la normatividad vigente al momento de su ejecución.

Las actividades potenciales de abandono podrían incluir:

- desenergización de instalaciones;
- desmontaje de equipos eléctricos;
- retiro de estructuras metálicas;
- retiro de conductores y canalizaciones;
- demolición de obras civiles;
- manejo de residuos;
- restauración y estabilización superficial del terreno.

Debido a que actualmente no se contempla un programa específico de abandono, no es posible definir una temporalidad precisa para dicha etapa.

d) Duración total estimada del Proyecto

Considerando la naturaleza estratégica y permanente de la infraestructura eléctrica proyectada, la vida útil operativa del Proyecto se considera de largo plazo y potencialmente superior a **30 años**, sujeta a los programas de mantenimiento, modernización tecnológica y necesidades operativas futuras del Sistema Eléctrico Nacional.

I.1.4 Presentación de la documentación Legal

El Proyecto se desarrollará sobre una superficie de 10,000.00 m² , ubicada en el sitio denominado Punta del Morro, en el municipio de Seybaplaya, Estado de Campeche.

La legal posesión del predio se acredita mediante la **Escritura Pública Número 60,384 (sesenta mil trescientos ochenta y cuatro)**, de fecha 4 de junio del año 2024, pasada ante la fe del Lic. Maximino García Cueto, titular de la Notaria número 14 de la Ciudad de México.
En la que se celebra la compraventa del predio a favor de la empresa **"CEMENTOS CRUZ AZUL CAMPECHE, S.A. DE C.V."**, mismo que se encuentra inscrito ante el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Estado de Campeche.

Copia simple de la referida documentación se integra al presente expediente como **Anexo I.**

I.2 Promovente

LGTAIP

I.2.3 Nombre y Cargo del Representante Legal

LGTAIP

II . DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del Proyecto

Una subestación eléctrica constituye la representación física de un nodo dentro de un sistema eléctrico de potencia, integrada por un conjunto de dispositivos, máquinas, aparatos y circuitos cuya función es controlar y operar los parámetros de la energía eléctrica, principalmente tensión y corriente, para permitir su transporte, distribución y suministro en condiciones adecuadas de calidad, confiabilidad y seguridad.

Asimismo, las subestaciones eléctricas proporcionan el medio de interconexión entre líneas y sistemas eléctricos existentes, permitiendo la operación continua y estable del Sistema Eléctrico Nacional. Para ello, cuentan con equipos y mecanismos de desconexión, protección, control, medición y maniobra que garantizan tanto la continuidad del servicio eléctrico como la seguridad en la operación y mantenimiento de la infraestructura y del personal responsable de su funcionamiento. Las subestaciones eléctricas pueden clasificarse de acuerdo con su nivel de tensión, tipo de corriente, función, configuración o características constructivas.

Subestaciones eléctricas de maniobra

Las subestaciones eléctricas de maniobra son instalaciones del sistema de transmisión cuya función principal es la operación, control y reconfiguración de circuitos eléctricos, sin efectuar transformación de niveles de tensión, por lo que no incorporan bancos de transformación dentro de su función básica. Este tipo de infraestructura se emplea cuando no se requiere modificar el nivel de tensión de las líneas o fuentes de alimentación, destinándose principalmente a operaciones de conexión, desconexión, transferencia y seccionamiento de circuitos eléctricos.

Dentro de los sistemas eléctricos de potencia se presentan variaciones constantes en la demanda energética y en las condiciones de operación de la red, por lo que resulta necesario efectuar maniobras de conmutación que permitan modificar la configuración del sistema y mantener condiciones adecuadas de operación, confiabilidad y seguridad. En este contexto, las subestaciones de maniobra desempeñan una función estratégica al permitir la apertura y cierre de interruptores de potencia, el aislamiento selectivo de fallas, el seccionamiento de líneas y la transferencia de carga, reduciendo la propagación de disturbios y facilitando las actividades de mantenimiento sin comprometer la continuidad operativa del sistema.

De acuerdo con los criterios de diseño de CFE Transmisión, este tipo de subestaciones integra principalmente interruptores de potencia, cuchillas seccionadoras, barras colectoras y sistemas auxiliares de protección, control y medición, los cuales permiten garantizar la flexibilidad operativa, continuidad y confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional. En conjunto, la subestación de maniobras constituye un nodo estratégico dentro de la red de transmisión, ya que permite la gestión eficiente del flujo de energía eléctrica tanto en condiciones normales de operación como en escenarios de contingencia o mantenimiento programado.

II.1.1 Naturaleza del Proyecto

El Proyecto denominado "**Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul**" se desarrollará sobre una superficie aproximada de **10,000 m² (1.0 ha),** en el predio denominado Punta del Morro, ubicado en el municipio de Seybaplaya, Campeche. El cual consiste en la construcción y operación de una Subestación Eléctrica (SE) de Maniobras (MAN) en **115 kV**, cuya función principal será la operación, control y reconfiguración de circuitos eléctricos de transmisión, sin efectuar transformación de niveles de tensión. La infraestructura será desarrollada conforme a los criterios técnicos y normativos vigentes de CFE para instalaciones de características similares en 115 kV, integrando equipos especializados de alta tensión, tales como interruptores de potencia, cuchillas seccionadoras, barras colectoras, sistemas de protección, medición y control digital.

El Proyecto contempla la apertura e interconexión de la Línea de Transmisión (LT) LRA 73110 CMO en 115 kV, mediante una configuración con arreglo de barra 1 y barra 2, integrada por dos bahías (dos interruptores) y dos alimentadores destinados a la apertura de la referida línea de transmisión. Asimismo, el Proyecto contempla una bahía adicional en 115 kV correspondiente al interruptor de transferencia–amarre dentro de la Subestación, así como dos bahías adicionales (dos interruptores) y dos alimentadores en 115 kV, para la correcta conexión y operación de la Línea de Transmisión anteriormente señalada. En conjunto, la configuración de la subestación estará integrada por cinco bahías en 115 kV, cuatro interruptores de potencia y cuatro alimentadores, así como los sistemas auxiliares requeridos para garantizar la confiabilidad, continuidad y seguridad operativa del Sistema Eléctrico Nacional.

Desde el punto de vista constructivo, el Proyecto incluirá actividades de preparación del sitio, terracerías, nivelación y compactación del terreno, cimentaciones, construcción de caminos interiores, instalación de barda perimetral, caseta de control, edificio auxiliar para planta diésel, alumbrado exterior y montaje electromecánico de equipos e infraestructura eléctrica. Para la instalación de las estructuras principales se contempla el uso de acero galvanizado y materiales resistentes a ambientes marino-costeros, considerando las condiciones de humedad, salinidad y exposición a vientos intensos características de la zona.

Desde la perspectiva ambiental, el Proyecto corresponde a infraestructura eléctrica de transmisión con impactos operativos relativamente bajos, en comparación con instalaciones de generación eléctrica o procesos industriales. Durante la etapa de operación, la subestación no realizará procesos de combustión continua, transformación industrial ni manejo de materias primas, por lo que no se prevé la generación permanente de emisiones atmosféricas significativas, descargas de aguas residuales de proceso o residuos peligrosos en grandes volúmenes.

Los impactos ambientales potenciales se concentrarán principalmente en la etapa de preparación del sitio y construcción, asociados al despalme, movimiento de tierras, operación de maquinaria, generación temporal de ruido, emisiones de polvo y modificación física del terreno. No obstante, el diseño del

Proyecto considera medidas de control y mitigación orientadas a minimizar afectaciones al entorno inmediato.

En cuanto a la integración de elementos ambientales del sitio, el Proyecto aprovechará las condiciones topográficas naturales del predio para favorecer el drenaje pluvial y disminuir riesgos de encharcamiento e inundación. Asimismo, el material producto de excavaciones y cortes será evaluado para su posible reutilización en terraplenes, nivelaciones y conformación de sub-bases internas, reduciendo la necesidad de extracción y transporte de materiales externos.

De igual manera, la ubicación del predio respecto de la línea de costa y la presencia de la Carretera Federal 180 entre el sitio y el litoral funcionan como barreras físicas parciales frente a la exposición directa al ambiente salino, contribuyendo a la protección de los equipos y a la prolongación de la vida útil de la infraestructura.

El Proyecto incorpora criterios de sustentabilidad orientados a la eficiencia operativa, confiabilidad y reducción de riesgos ambientales. Entre estos criterios destacan el uso de equipos modernos de alta confiabilidad, sistemas eléctricos encapsulados y componentes con diseño hermético, así como materiales y equipos diseñados para operación de largo plazo bajo programas de mantenimiento especializado, lo que contribuye a reducir requerimientos de reposición, mantenimiento mayor y generación de residuos durante la vida útil de la infraestructura.
Asimismo, la infraestructura proyectada contribuirá a fortalecer la confiabilidad y flexibilidad operativa del sistema regional de transmisión eléctrica, favoreciendo una operación más eficiente de la red eléctrica en la zona de Seybaplaya y áreas circundantes.

II.1.2 Selección del sitio

La selección del sitio, para el desarrollo del Proyecto denominado "**Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul**", se realizó considerando factores técnicos, ambientales y socioeconómicos, con el propósito de garantizar la viabilidad operativa del Proyecto, minimizar los impactos ambientales y asegurar la compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente y el entorno territorial del municipio de Seybaplaya, Campeche.

a) Criterios técnicos

- **Proximidad a la Red:** El principal criterio técnico considerado para la selección del sitio fue la proximidad al eje de la Línea de Transmisión LRA 73110 CMO en 115 kV, ya que la ubicación de la subestación en las inmediaciones del punto de apertura permite reducir la necesidad de construir estructuras de transición adicionales, optimizando la configuración eléctrica del sistema, reduciendo pérdidas de energía y disminuyendo la ocupación adicional de suelo.

Asimismo, el sitio seleccionado se localiza dentro de una zona donde ya existe infraestructura energética y de servicios, incluyendo líneas de transmisión, lo que favorece la consolidación de infraestructura en un corredor previamente intervenido y reduce la necesidad de apertura de nuevas áreas.

- **Accesibilidad:** Se consideraron las condiciones de accesibilidad y factibilidad constructiva del predio, priorizando un sitio con acceso directo mediante infraestructura carretera existente, particularmente por su cercanía a la Carretera Federal, lo cual facilita el transporte de maquinaria pesada, equipos electromecánicos, estructuras metálicas y materiales de construcción sin requerir la apertura de nuevos caminos de acceso de gran longitud. Esta condición representa una ventaja técnica y ambiental, al disminuir movimientos de tierra adicionales y reducir afectaciones al entorno inmediato.

- **Condiciones topográficas:** El predio se localiza sobre una unidad de lomerío bajo, caracterizada por pendientes suaves y diferencias altimétricas moderadas que requieren actividades de nivelación y conformación de plataformas para el adecuado desplante de la infraestructura proyectada. Asimismo, el sitio se ubica sobre una unidad geológica con predominancia de materiales caliza–marga y suelos tipo *Phaeozem*, condiciones que fueron consideradas en el diseño de las obras civiles y de terracería. En este sentido, las condiciones topográficas del predio no representan una limitante para la construcción y operación de la infraestructura eléctrica proyectada.

- **Superficie**: Adicionalmente, se consideró la disponibilidad de superficie suficiente para el desarrollo integral del Proyecto dentro de un polígono compacto de aproximadamente **10,000 m²,** permitiendo la adecuada distribución de equipos, áreas operativas y sistemas auxiliares requeridos para la operación y mantenimiento de la subestación.

b) Criterios ambientales

Desde el punto de vista ambiental, la selección del sitio consideró la ocupación de una superficie relativamente compacta, lo que permite limitar la remoción de cobertura vegetal y reducir la intervención sobre el entorno inmediato. Asimismo, se priorizó un predio con presencia de vegetación secundaria arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia y zonas previamente influenciadas por infraestructura energética y actividades antrópicas, evitando la afectación directa de áreas con vegetación conservada o ecosistemas de mayor relevancia ambiental.

De igual manera, se evaluaron las condiciones físicas e hidrológicas del sitio, seleccionándose un área que no presenta cuerpos de agua superficiales permanentes dentro del polígono del Proyecto, tales como ríos, lagunas o humedales, reduciendo el riesgo potencial de afectación directa a ecosistemas acuáticos. Adicionalmente, el predio presenta condiciones topográficas favorables y ausencia de pendientes

pronunciadas, facilitando el manejo de escurrimientos pluviales y disminuyendo riesgos asociados a erosión o inestabilidad del terreno.

Otro criterio relevante correspondió a la ubicación del Proyecto respecto a la línea de costa. Aunque el predio se localiza en la zona costera del municipio de Seybaplaya, su distancia aproximada de 1.6 km respecto al litoral reduce la exposición directa a fenómenos hidrometeorológicos costeros y a ambientes de alta salinidad extrema, disminuyendo potenciales afectaciones por corrosión acelerada sobre los componentes metálicos de la infraestructura eléctrica.

La selección del sitio también consideró el aprovechamiento de infraestructura vial y eléctrica previamente existente, evitando la apertura de nuevos caminos o corredores de servicios, lo cual contribuye a reducir impactos acumulativos y fragmentación territorial adicional.

Adicionalmente, se consideró la compatibilidad territorial del Proyecto respecto a los instrumentos de ordenamiento ecológico aplicables, identificándose que el sitio se localiza dentro de la **UGA 84** y la **UAB 137**, identificándose que el sitio se localiza dentro de unidades ambientales con políticas de preservación, aprovechamiento sustentable y restauración, motivo por el cual la selección del predio priorizó una superficie compacta y previamente influenciada por infraestructura existente.

c) Criterios Socioeconómicos

En el ámbito socioeconómico, uno de los factores relevantes para la selección del sitio fue la certeza jurídica del predio, al contar la sociedad, **CEMENTOS CRUZ AZUL CAMPECHE, S.A. DE C.V.**, con la documentación que acredita la legal posesión y disponibilidad del terreno para el desarrollo del Proyecto, evitando conflictos relacionados con tenencia de la tierra o afectaciones a terceros.

Asimismo, se consideró la compatibilidad del Proyecto con la vocación territorial e industrial de la zona, derivado de la cercanía con el corredor industrial y logístico asociado al puerto de Seybaplaya y con infraestructura estratégica existente. En este sentido, la instalación de la Subestación Eléctrica de Maniobras resulta congruente con el desarrollo de infraestructura energética y actividades industriales presentes en la región.

La ubicación seleccionada permitirá fortalecer la confiabilidad y continuidad del suministro eléctrico regional, favoreciendo la operación del sistema de transmisión eléctrica y contribuyendo indirectamente al desarrollo de actividades económicas y productivas vinculadas al sector industrial y de servicios.

Adicionalmente, durante las etapas de preparación del sitio y construcción se prevé la generación de empleos temporales y la contratación de servicios locales para actividades de obra civil, transporte, suministro de materiales y apoyo logístico, generando una derrama económica indirecta en el municipio de Seybaplaya y localidades cercanas.

Derivado de la naturaleza técnica y operativa del Proyecto, las alternativas de ubicación para la Subestación Eléctrica de Maniobras requieren localizarse contigua al punto de apertura de la Línea de Transmisión (LT) LRA 73110 CMO en 115 kV, a fin de garantizar la viabilidad operativa, seguridad eléctrica y cumplimiento de los criterios técnicos establecidos por CFE Transmisión.

Bajo este contexto, el sitio seleccionado fue considerado la alternativa más viable, al permitir el desarrollo de la infraestructura requerida con una menor necesidad de obras adicionales, menor intervención territorial y aprovechamiento de infraestructura eléctrica y vial previamente existente. Asimismo, la selección del predio permite optimizar las condiciones de operación del sistema eléctrico, reduciendo afectaciones ambientales potenciales y favoreciendo un esquema constructivo compacto y funcional.

II.1.3 Ubicación física del Proyecto y planos de localización

El Proyecto denominado "Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul" se localizará en el predio denominado Punta del Morro, S/N, Colonia Santa Clara, en el municipio de Seybaplaya, Estado de Campeche; sobre una superficie aproximada de 10,000 m². El sitio corresponde a un Proyecto puntual, cuya infraestructura principal y obras asociadas se circunscriben a una poligonal envolvente dentro del mismo predio.

El área del Proyecto se ubica al norte de la cabecera municipal de Seybaplaya, aproximadamente a 1.6 km del acceso principal al Puerto de Seybaplaya y a una distancia aproximada de 580 a 600 metros al este de la Carretera Federal 180, tramo Campeche–Champotón. La localización geográfica del predio se encuentra aproximadamente entre las coordenadas 19.6515° N y -90.6798° O, dentro de una zona con presencia de infraestructura eléctrica existente y accesibilidad mediante caminos y vialidades previamente establecidas.
Para la delimitación del área del Proyecto se elaboró un **Plano Topográfico**, integrado en el **Anexo III**, en el cual se muestran, el cuadro de construcción y curvas de nivel del Proyecto. Las coordenadas UTM del polígono de construcción, en Datum WGS 84, Zona 15 Q, se presentan en la Tabla siguiente.

TABLA 1 COORDENADAS UTM DEL POLÍGONO "S.E. MANIOBRAS CRUZ AZUL"

Vértice	Coordenadas UTM (Zona 15)	
	x	y
1	743330.469	2174623.4
2	743330.469	2174523.4
3	743230.469	2174523.4
4	743230.469	2174623.4
Superficie: 10, 000.00 m²		

Las colindancias identificadas para el sitio del Proyecto corresponden a caminos de acceso, áreas con infraestructura previamente establecida y terrenos con vegetación secundaria característica de la zona.

Debido a que la Subestación Eléctrica de Maniobras se localizará contigua al punto de apertura de la Línea de Transmisión (LT) LRA 73110 CMO en 115 kV, las obras de interconexión requeridas para la apertura y conexión de la línea se consideran integradas dentro de la misma poligonal y superficie de análisis del Proyecto.

Asimismo, se presenta en el **Anexo III,** los planos con la distribución general de la infraestructura permanente y de las obras provisionales requeridas para las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto. La disposición de la infraestructura fue diseñada considerando criterios de funcionalidad operativa, seguridad eléctrica y optimización del espacio disponible, buscando minimizar la remoción de vegetación y la intervención sobre áreas adicionales.

II.1.3.1 Infraestructura permanente

La infraestructura permanente considerada dentro del Proyecto comprende los siguientes elementos principales:

a) **Área de bahías y barras:** Zona destinada a la instalación de interruptores de potencia, cuchillas seccionadoras, barras colectoras, transformadores de instrumento y demás equipos de maniobra en 115 kV.
b) **Caseta de control:** Estructura cerrada y acondicionada que alberga los equipos necesarios para operar y supervisar la subestación de forma segura y centralizada.
c) **Edificio auxiliar de planta diésel:** Área destinada al sistema de respaldo eléctrico para servicios auxiliares y operación de emergencia.
d) **Caminos interiores y áreas de circulación:** Superficies de tránsito interno para personal operativo, mantenimiento y acceso de equipos, con acabados de concreto hidráulico y/o grava.
e) **Barda perimetral:** Elemento de seguridad física para delimitación y resguardo del predio del Proyecto.

II.1.3.2 Obras provisionales

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se habilitarán áreas temporales dentro del mismo polígono de 10,000 m^2, evitando la ocupación de superficies externas adicionales. Entre las obras provisionales consideradas se encuentran:

- Almacén temporal de materiales y herramientas.
- Área de oficinas provisionales y sanitarios portátiles.
- Zona temporal para acopio y manejo de residuos de construcción y material vegetal producto del desmonte.

LGTAIP

El mayor porcentaje de la inversión corresponde al rubro de equipos primarios, tableros de protección y comunicación, cables, herrajes, aisladores y estructuras metálicas, el cual representa el 61.12 % del monto total del Proyecto. En segundo término, las obras civiles constituyen el rubro de mayor relevancia económica, con una participación del 22.92 %, incluyendo terracerías, caminos interiores, cimentaciones mayores, caseta de control, caseta diésel y torre de comunicaciones.

Los montos presentados fueron integrados con base en estimaciones ejecutivas elaboradas para fines de planeación y evaluación del Proyecto, por lo que podrán estar sujetos a ajustes derivados de modificaciones de alcance, variaciones en el tipo de cambio, actualización de precios, impuestos aplicables o condiciones comerciales durante las etapas de contratación y ejecución.

Asimismo, el Proyecto contempla la implementación de medidas de prevención, mitigación y manejo ambiental durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, cuyos costos se encuentran integrados dentro de los rubros de obra civil, supervisión y operación. Entre dichas medidas se consideran el manejo integral de residuos, control de emisiones de polvo, instalación de sanitarios portátiles, señalización ambiental y de seguridad, restauración y limpieza de áreas intervenidas, así como supervisión ambiental durante las actividades constructivas y operativas del Proyecto.

II.1.5 Dimensiones del Proyecto

El Proyecto denominado **"Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul"** se desarrollará sobre una superficie total aproximada de 10,000 m², correspondiente al polígono del predio donde se construirá la infraestructura eléctrica proyectada. La superficie definitiva de ocupación para obras permanentes, áreas operativas y superficies de afectación será determinada conforme al plano y cuadro de áreas integrados en los anexos técnicos correspondientes del Proyecto.

Dentro de la superficie total considerada se contemplan áreas destinadas a infraestructura permanente, patios de maniobra, circulación interna, drenaje pluvial, áreas auxiliares de operación y mantenimiento, así como espacios requeridos temporalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

El Proyecto corresponde a una obra puntual asociada a la apertura e interconexión de la Línea de Transmisión (LT) LRA 73110 CMO en 115 kV, por lo que las obras de interconexión requeridas se desarrollarán dentro del área inmediata del Proyecto y del derecho de vía previamente establecido, evitando la apertura de nuevos corredores eléctricos o superficies adicionales de afectación.

Asimismo, el sitio seleccionado presenta cercanía con infraestructura energética y vial previamente establecida, condición que favorece el aprovechamiento de áreas ya intervenidas y reduce la necesidad de generar nuevos accesos o ampliar la ocupación territorial.

De manera complementaria, no se contempla la habilitación de campamentos permanentes, bancos de material ni la ocupación de superficies externas adicionales al polígono del Proyecto, por lo que la totalidad de las obras provisionales y actividades constructivas se desarrollarán dentro de la superficie autorizada del predio.

II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y en sus colindancias

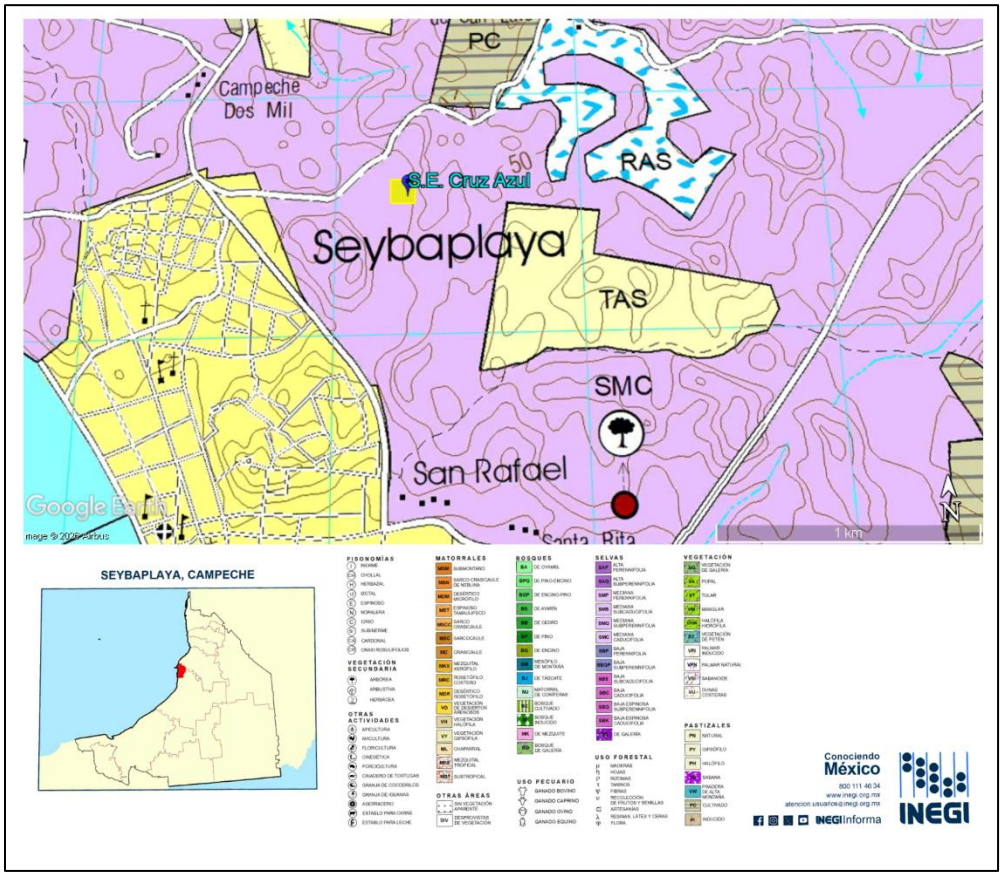
Para definir el uso actual del suelo y cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y en su área de influencia (sistema ambiental), se realizó el análisis de la capa de Uso del Suelo y Vegetación INEGI 2018 (Serie VII) complementado con recorridos de campo, interpretación de imágenes satelitales, reconocimiento visual del predio y sus colindancias, estudios hidrológicos y mecánica de suelos.

El uso actual del suelo corresponde a Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia (VSA/SMC), con distintos grados de regeneración natural y evidencia de perturbación antrópica previa asociada a las actividades desarrolladas en el entorno.

La cobertura vegetal está integrada por elementos arbóreos y arbustivos dispersos adaptados a condiciones de clima cálido subhúmedo y a terrenos de origen cárstico característicos de la región. El subsuelo se encuentra conformado predominantemente por materiales calcáreos, sascab y roca caliza alterada, propios de la plataforma carbonatada de la Península de Yucatán, observándose además áreas

con vegetación reseca y superficies parcialmente intervenidas. Actualmente, dentro del predio no se desarrollan actividades agrícolas, pecuarias, forestales comerciales, mineras o turísticas, por lo que puede considerarse un terreno sin aprovechamiento productivo evidente.

FIGURA 2. MAPA MUNICIPAL SEYBAPLAYA DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN



Respecto a las colindancias y usos del suelo circundante, se identifican las siguientes condiciones generales:

- **Norte:** caminos de acceso de terracería y áreas con vegetación secundaria.
- **Este:** infraestructura energética asociada a líneas de transmisión y corredores de servicios previamente establecidos.
- **Oeste:** parcelas y terrenos con presencia de vegetación secundaria y palmares dispersos.
- **Sur:** áreas con Vegetación Secundaria Arbórea característica de Selva Mediana Caducifolia.

En términos regionales, el entorno inmediato presenta una tendencia de aprovechamiento vinculada al desarrollo de infraestructura energética, logística y de servicios asociada al crecimiento industrial y portuario del municipio de Seybaplaya.

Dentro del polígono del Proyecto no se identifican cuerpos de agua superficiales permanentes, tales como ríos, arroyos, lagunas, cenotes, humedales o esteros, por lo que actualmente no existe aprovechamiento de recursos hídricos superficiales para abastecimiento público, actividades productivas, recreativas o disposición de residuos. Asimismo, no se detectó presencia de nivel freático somero dentro de la profundidad explorada, observándose condiciones de alta permeabilidad asociadas a los materiales calcáreos predominantes del subsuelo.

De igual forma, en las colindancias inmediatas del Proyecto no se identifican cuerpos de agua continentales superficiales. A nivel regional, el cuerpo de agua más cercano corresponde al Golfo de México, localizado a una distancia aproximada mayor a 1.6 km del sitio del Proyecto. Debido a la distancia existente y a la naturaleza puntual de la infraestructura proyectada, no se prevé interacción directa con dicho cuerpo de agua.

La selección del sitio consideró la proximidad a infraestructura vial y energética previamente establecida, favoreciendo el aprovechamiento de corredores ya intervenidos y minimizando la apertura de nuevas áreas de afectación territorial.

De acuerdo con los instrumentos de ordenamiento ecológico aplicables, el predio se localiza dentro de la **Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 84**, de la **Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 137**, con políticas de preservación, aprovechamiento sustentable y restauración, así como dentro de la **Unidad de Gestión Territorial VII (UGT VII)** del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Champotón, cuya política ambiental corresponde al aprovechamiento sustentable. Asimismo, el sitio no se localiza dentro de ninguna Área Natural Protegida de competencia federal, estatal o municipal, aunque regionalmente se encuentra asociado a la Región Marina Prioritaria Champotón–El Palmar (San Pedro Mártir).

Finalmente, debido a que el predio presenta cobertura clasificada como Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia, la ejecución del Proyecto implica la remoción parcial de vegetación para la construcción de plataformas, cimentaciones, vialidades internas y demás obras permanentes asociadas a la subestación eléctrica.

II.1.7 Urbanización de área y descripción de servicios requeridos

Debido a la naturaleza del Proyecto y a las características operativas de una subestación eléctrica de maniobras, la infraestructura requerida para las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento contempla principalmente servicios auxiliares de apoyo, varios de los cuales serán suministrados mediante infraestructura propia o a través de terceros autorizados, sin requerir la ampliación de redes públicas de infraestructura municipal.

a) Vías de acceso

El acceso principal al sitio del Proyecto se realiza mediante la Carretera Federal 180, tramo Campeche–Champotón, localizada aproximadamente entre 580 y 600 m al oeste del predio. A partir de dicha vialidad, el ingreso se efectúa a través de caminos de terracería existentes que comunican directamente con el área donde se desarrollará la subestación.

Las condiciones actuales de accesibilidad, aunadas a las características físicas del terreno, permiten el tránsito de maquinaria pesada, vehículos de carga y unidades destinadas al transporte de materiales y equipos electromecánicos requeridos durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, sin que sea necesaria la apertura de nuevas vialidades regionales o caminos de acceso de gran longitud.

Como parte de la infraestructura permanente del Proyecto, se habilitarán vialidades internas y áreas de circulación destinadas a las actividades de operación, mantenimiento y maniobras, permitiendo el acceso seguro a las distintas instalaciones de la subestación, incluyendo la caseta de control, la caseta de vigilancia, el edificio de planta diésel de emergencia, el patio de maniobras y las áreas destinadas a equipos eléctricos.

El diseño de las vialidades interiores considera la circulación de vehículos de mantenimiento, unidades de supervisión y equipo especializado, garantizando condiciones adecuadas de accesibilidad durante toda la vida útil del Proyecto

b) Energía eléctrica

La disponibilidad de infraestructura eléctrica en el sitio está asociada a la Línea de Transmisión (LT) LRA 73110 CMO en 115 kV, cuya apertura e interconexión constituye el objetivo principal del Proyecto.

Durante la etapa de construcción, el suministro eléctrico para iluminación, herramientas y actividades auxiliares será proporcionado mediante plantas portátiles de generación eléctrica y/o conexiones temporales autorizadas.

Para la etapa de operación, la subestación contará con sistemas auxiliares de alimentación eléctrica, incluyendo una Subestación de Servicios Propios para alimentación de equipos de control, protección, comunicación e iluminación, así como una planta diésel de emergencia destinada a garantizar la continuidad operativa de los sistemas auxiliares y de monitoreo ante contingencias eléctricas.

c) Agua potable

Actualmente el sitio del Proyecto no dispone de conexión a una red pública de abastecimiento de agua potable. Por lo tanto, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, el suministro de agua para consumo humano, control de emisiones de polvo, compactación de materiales y demás actividades menores de obra se realizará mediante pipas o contenedores móviles abastecidos por terceros autorizados.

Debido a las características operativas de una subestación eléctrica de maniobras, la demanda de agua será reducida y estará asociada principalmente al uso de servicios sanitarios, limpieza ocasional de instalaciones y requerimientos menores de servicios auxiliares, por lo que no se prevén consumos significativos del recurso hídrico.

Para garantizar la disponibilidad de agua durante la etapa operativa, el Proyecto contempla la instalación de una cisterna con capacidad de almacenamiento de **6,000 litros**, un tinaco con capacidad de **1,100 litros**, sistema de bombeo y red hidráulica interna para el abastecimiento de los servicios sanitarios y áreas auxiliares de la caseta de control.

El suministro de agua para operación será gestionado mediante abastecimiento periódico por terceros autorizados o mediante la alternativa que resulte técnicamente viable conforme a las condiciones de disponibilidad existentes en la zona al momento de la puesta en servicio del Proyecto.

d) Drenaje y manejo de aguas residuales

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se instalarán sanitarios portátiles para uso del personal, cuyo mantenimiento, limpieza y disposición final serán realizados por empresas autorizadas, evitando la generación de descargas directas al suelo o cuerpos de agua.
Para la etapa de operación, las aguas residuales generadas serán exclusivamente de origen sanitario y estarán asociadas al funcionamiento de la caseta de control y áreas auxiliares. Su manejo se realizará mediante una red sanitaria interna conectada a registros de inspección, una fosa séptica y un pozo de absorción, conforme a la normatividad aplicable.

Debido a la naturaleza del Proyecto, no se contempla la generación de aguas residuales de proceso ni descargas derivadas de actividades industriales, por lo que los efluentes estarán limitados al uso sanitario del personal operativo. Respecto al manejo de aguas pluviales, el Proyecto contempla un sistema de drenaje superficial integrado por pendientes, bajantes, canalizaciones y obras de conducción que permitirán encauzar los escurrimientos hacia áreas de infiltración dentro del propio predio.

Las condiciones naturales del terreno, caracterizadas por materiales predominantemente calcáreos de alta permeabilidad, favorecen la infiltración del agua de lluvia y contribuyen a disminuir riesgos de encharcamiento, erosión o afectaciones a predios colindantes. Asimismo, las vialidades, plataformas y

áreas operativas serán diseñadas para mantener condiciones adecuadas de escurrimiento superficial y drenaje, evitando acumulaciones de agua que pudieran afectar la operación de la infraestructura eléctrica o la estabilidad de las obras civiles del Proyecto.

e) Telecomunicaciones y servicios auxiliares

La zona del Proyecto dispone de cobertura de telecomunicaciones y servicios de comunicación móvil suficientes para apoyar las actividades de construcción, operación y mantenimiento de la subestación.

Adicionalmente, la infraestructura proyectada contará con sistemas de comunicación, teleprotección y transmisión de datos para la integración de los equipos de protección, control, medición y monitoreo remoto al Sistema Eléctrico Nacional, conforme a los criterios técnicos aplicables de CFE Transmisión.

Estos sistemas permitirán la supervisión remota de las instalaciones, el intercambio de señales operativas, la transmisión de información en tiempo real y la coordinación de maniobras eléctricas requeridas para garantizar la confiabilidad y continuidad operativa de la infraestructura.

f) Infraestructura adicional requerida

Debido a que el Proyecto se desarrollará en un sitio con acceso mediante infraestructura vial existente y próximo a infraestructura de transmisión eléctrica previamente establecida, no se prevé la construcción de infraestructura pública adicional ni la ampliación de redes municipales de servicios para atender los requerimientos operativos del Proyecto.

Las obras complementarias necesarias para su funcionamiento formarán parte integral de la propia subestación e incluyen vialidades internas, sistemas de drenaje pluvial, infraestructura hidráulica y sanitaria, almacenamiento de agua, sistema de tierras, alumbrado exterior, sistemas de comunicación, edificaciones auxiliares y demás instalaciones requeridas para la operación y mantenimiento de la infraestructura eléctrica.

II.2 Características particulares del Proyecto

Con el propósito de garantizar la confiabilidad operativa de la infraestructura eléctrica, optimizar el aprovechamiento del espacio disponible y minimizar las afectaciones al entorno natural, el Proyecto denominado **“Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul”** fue diseñado bajo criterios de seguridad eléctrica, eficiencia operativa, estabilidad estructural y compatibilidad ambiental.

Las obras principales, asociadas y provisionales consideran criterios de diseño orientados a prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales potenciales durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, incorporando medidas para la protección del suelo, control de

escurrimientos, manejo adecuado de residuos, conservación de la capacidad de infiltración del terreno y reducción de la superficie sujeta a remoción de vegetación.
Las características geotécnicas del sitio resultan favorables para el desarrollo del Proyecto, debido a la presencia predominante de materiales calcáreos y sascab asociados a la plataforma carbonatada regional, los cuales presentan condiciones adecuadas de capacidad de carga para el desplante de las estructuras proyectadas. Asimismo, no se identificaron condiciones de licuación, colapso o dispersividad del suelo que pudieran comprometer la estabilidad de las obras previstas.

a) Obras principales

Las obras principales corresponden a la infraestructura eléctrica necesaria para la operación de la subestación de maniobras, entre las que destacan:

- Área de bahías y barras en **115 kV.**
- Interruptores de potencia.
- Cuchillas seccionadoras.
- Barras colectoras.
- Transformadores de instrumento.
- Sistemas de protección, control y medición.
- Sistemas de comunicación y transmisión de datos.
- Obras de interconexión asociadas a la apertura de la **LT LRA 73110 CMO.**

El diseño de la subestación considera una configuración de doble barra con bahía de transferencia–amarre, permitiendo efectuar maniobras operativas, aislamiento de fallas y mantenimiento de equipos sin afectar la continuidad del servicio eléctrico. Asimismo, el arreglo electromecánico considera una distribución compacta y funcional de los equipos, optimizando el aprovechamiento de la superficie disponible y reduciendo al mínimo indispensable la ocupación permanente del terreno y la remoción de cobertura vegetal secundaria.

Se contempla la utilización de interruptores de potencia tripolares tipo tanque vivo con aislamiento en gas **hexafluoruro de azufre (SF_6)**, tecnología que proporciona elevada confiabilidad operativa, adecuada capacidad de interrupción y menores requerimientos de mantenimiento respecto de tecnologías convencionales. Su utilización contribuye adicionalmente a disminuir el riesgo de afectaciones al suelo derivadas del manejo de fluidos dieléctricos líquidos.

Las estructuras y cimentaciones serán diseñadas considerando las características geotécnicas del sitio, empleando cimentaciones superficiales de concreto armado adecuadas para las condiciones de capacidad de carga del terreno, garantizando la estabilidad estructural de los equipos de alta tensión y de las obras civiles asociadas.

Por otra parte, las áreas no ocupadas por edificaciones, cimentaciones y estructuras permanentes serán acondicionadas principalmente con recubrimientos de grava y materiales pétreos seleccionados, los cuales favorecerán la infiltración natural del agua pluvial, mantendrán condiciones adecuadas de drenaje superficial y contribuirán a disminuir riesgos de erosión, encharcamiento y generación de escurrimientos concentrados dentro del predio.

b) Obras asociadas y auxiliares

Como parte complementaria del Proyecto se contempla la construcción e instalación de infraestructura auxiliar necesaria para garantizar la operación, mantenimiento, seguridad y control de la subestación, integrada principalmente por:

- Caseta de control.
- Edificio auxiliar para planta diésel de emergencia.
- Subestación de servicios propios.
- Caminos interiores y áreas de circulación.
- Sistema de drenaje pluvial.
- Barda perimetral y acceso controlado.
- Áreas operativas y de mantenimiento.
- Sistemas auxiliares de almacenamiento de agua y servicios sanitarios.
- Sistemas dedicados de comunicación para operación y supervisión remota.

La infraestructura civil y auxiliar será distribuida de manera funcional dentro del predio, concentrando los servicios operativos y administrativos en áreas específicas que permitan optimizar el aprovechamiento del espacio disponible, reducir la dispersión de superficies intervenidas y facilitar las actividades de operación, mantenimiento, vigilancia y supervisión ambiental.

Los caminos interiores, áreas de circulación y plataformas auxiliares serán acondicionados para soportar el tránsito de vehículos de mantenimiento, unidades de supervisión y equipo especializado, garantizando condiciones adecuadas de accesibilidad durante toda la vida útil del Proyecto.

Asimismo, las obras auxiliares incorporarán sistemas de drenaje superficial que permitan conducir adecuadamente los escurrimientos pluviales y favorecer su infiltración dentro del predio, aprovechando las características permeables de los materiales predominantes del sitio y reduciendo riesgos de encharcamiento o erosión.

El edificio destinado a la planta diésel de emergencia contará con medidas de seguridad para el manejo de combustibles y lubricantes, incluyendo superficies impermeables y elementos de contención orientados a prevenir afectaciones al suelo ante eventuales fugas o derrames accidentales.

Por otra parte, la implementación de sistemas de comunicación, teleprotección, monitoreo y operación remota permitirá integrar la subestación a los esquemas de supervisión del Sistema Eléctrico Nacional, favoreciendo una operación más eficiente y reduciendo la necesidad de desplazamientos frecuentes de personal hacia el sitio.

c) Obras provisionales

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se habilitarán instalaciones temporales dentro del propio polígono del Proyecto, evitando la ocupación de superficies adicionales fuera del área autorizada y minimizando la generación de nuevas afectaciones al entorno.

Entre las principales obras provisionales consideradas se encuentran

- Almacén temporal de materiales y herramientas.
- Oficinas provisionales.
- Sanitarios portátiles.
- Áreas temporales para acopio de residuos y material vegetal producto del desmonte.

Las instalaciones provisionales serán ubicadas en áreas previamente definidas dentro del predio, procurando aprovechar superficies destinadas a futuras áreas operativas del Proyecto y evitando intervenciones innecesarias sobre zonas con cobertura vegetal conservada.

Las áreas destinadas al almacenamiento temporal de materiales, residuos y material vegetal contarán con delimitación física, señalización y control operativo, con la finalidad de prevenir la dispersión de materiales por acción del viento, el arrastre por escurrimientos pluviales y posibles afectaciones al suelo o a la vegetación circundante.

Asimismo, el suelo orgánico recuperado durante las actividades de despalme será almacenado temporalmente en montículos controlados para favorecer su conservación y posterior aprovechamiento en actividades de estabilización superficial, acondicionamiento de áreas libres y protección de superficies expuestas, cuando las condiciones del Proyecto así lo permitan.

Una vez concluidas las actividades constructivas, todas las obras provisionales serán retiradas y las áreas ocupadas serán limpiadas, niveladas y acondicionadas conforme a las necesidades operativas de la subestación y a las medidas de manejo ambiental previstas para el Proyecto.

d) Configuración del terreno y obras de nivelación

La adecuación del terreno considerará las condiciones topográficas naturales del sitio, caracterizadas por lomerío bajo y pendientes suaves, procurando mantener un balance entre cortes y rellenos que permita

reducir al mínimo indispensable las modificaciones a la configuración natural del terreno y optimizar el aprovechamiento de los materiales generados durante las actividades de terracería.

Las obras de nivelación tendrán como finalidad conformar las plataformas requeridas para el desplante de las estructuras, equipos electromecánicos, vialidades internas y demás obras asociadas al Proyecto, garantizando condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad y operación durante toda su vida útil.

Las características geotécnicas del sitio permiten el desarrollo de las obras proyectadas mediante cimentaciones superficiales y plataformas compactadas, considerando la presencia predominante de materiales calcáreos y sascab con capacidad de carga adecuada para soportar las estructuras previstas. Asimismo, las condiciones del subsuelo no presentan evidencias de comportamiento colapsable, dispersivo o susceptible a licuación que pudieran comprometer la estabilidad de las obras.

Los cortes, rellenos y trabajos de conformación de plataformas serán ejecutados conforme a las especificaciones técnicas de diseño y control de calidad aplicables, incorporando procedimientos de compactación que garanticen la estabilidad de terraplenes, vialidades y áreas operativas.

De igual forma, el diseño de taludes, plataformas y obras complementarias considerará medidas de control de erosión y manejo de escurrimientos superficiales, con la finalidad de preservar la estabilidad del terreno y reducir el arrastre de sedimentos durante eventos de precipitación.

Asimismo, el sistema de drenaje pluvial será diseñado para conducir adecuadamente los escurrimientos generados dentro del predio, favoreciendo su infiltración en las áreas destinadas para tal efecto y aprovechando las condiciones naturales de permeabilidad asociadas a los materiales calcáreos predominantes, contribuyendo con ello a disminuir riesgos de encharcamiento, erosión o afectaciones a predios colindantes.

e) Características de diseño orientadas a la reducción de impactos ambientales

El diseño y localización de la Subestación Eléctrica incorporan criterios técnicos, constructivos y ambientales orientados a minimizar la ocupación del terreno, reducir la remoción de cobertura vegetal y prevenir afectaciones sobre el suelo, los escurrimientos superficiales y los recursos naturales presentes en el área de influencia del Proyecto.

Entre las principales medidas y criterios considerados destacan:

- Aprovechamiento de un sitio próximo a infraestructura eléctrica y vial previamente establecida, evitando la apertura de nuevos corredores de servicios y reduciendo la fragmentación del territorio.
- Desarrollo del Proyecto en una superficie compacta aproximada de **10,000 m²,** optimizando el uso del espacio disponible y disminuyendo la superficie sujeta a desmonte y despalme.

- Concentración de obras principales, auxiliares y provisionales dentro del mismo polígono del Proyecto, reduciendo la dispersión de áreas intervenidas.
- Conservación de las condiciones naturales de drenaje mediante la implementación de sistemas de conducción e infiltración de aguas pluviales.
- Utilización de superficies gravadas en áreas operativas, favoreciendo la infiltración natural del agua de lluvia y disminuyendo la impermeabilización del terreno.
- Diseño de plataformas y cimentaciones acorde con las características geotécnicas del sitio, reduciendo movimientos innecesarios de tierra y optimizando el balance de cortes y rellenos.
- Incorporación de sistemas de comunicación, teleprotección y supervisión remota para la operación eficiente de la infraestructura.
- Instalación de equipos diseñados conforme a los criterios técnicos aplicables a instalaciones de transmisión eléctrica en **115 kV**.
- Implementación de medidas de manejo ambiental para el control de residuos, emisiones de polvo, manejo de combustibles, materiales de construcción y protección del suelo.

Asimismo, las condiciones naturales del terreno, caracterizadas por la presencia predominante de materiales calcáreos de alta permeabilidad, favorecen la infiltración de escurrimientos pluviales y contribuyen a reducir riesgos de erosión, encharcamiento y arrastre de sedimentos durante las distintas etapas del Proyecto.

Debido a la naturaleza operativa de una subestación eléctrica de maniobras, durante la etapa de operación no se prevé la generación significativa de emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales de proceso, residuos de carácter industrial ni consumos elevados de agua. Las actividades estarán orientadas principalmente a la supervisión, operación, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo de la infraestructura eléctrica instalada.

II.2.1 Programa general de trabajo

El programa general de trabajo fue estructurado considerando las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, incorporando además actividades preliminares relacionadas con estudios técnicos, gestiones administrativas, ingeniería y suministro de equipos especializados.

La duración estimada para la ejecución (preparación del sitio y construcción) de la subestación es de aproximadamente **9 meses (285 días)**, considerando actividades preliminares y la puesta en servicio programada. El programa de trabajo se integra en la siguiente Tabla:

TABLA 3 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Etapa	Actividad	Meses									Años
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	+50
Gestoría y permisos	Gestoría y trámites administrativos.	■	■	■							
	Levantamiento topográfico.	■									
	Estudios de mecánica de suelos	■	■								
	Desarrollo y aprobación de ingenierías		■	■	■	■					
	Gestión de suministros y adquisición de equipos especializados		■	■	■	■	■	■			
Preparación del sitio	Trazo y delimitación del polígono de construcción		■								
	Desmonte y despalme		■	■							
	Terracerías y nivelación del terreno		■	■							
	Conformación de plataformas y taludes			■							
	Habilitación de accesos y caminos interiores		■	■							
	Instalación de áreas temporales		■								
	Implementación de medidas de control ambiental		■								
Construcción	Cimentaciones (Mayores y menores)			■	■						
	Caseta de control y obras auxiliares (edificio diésel)			■	■	■	■				
	Sistema de drenaje pluvial					■					
	Barda perimetral					■	■	■			
	Montaje de estructuras metálicas				■	■	■				
	Instalación de aisladores y conductores						■	■	■		
	Montaje de equipo primario						■	■			
	Instalación de barras y cuchillas						■	■			
	Sistemas de protección y control (PCyM Electromecánico)						■	■			
	Sistemas de comunicación y monitoreo (L.D. Operativo)							■			
	Cableado de fuerza y control							■	■		
	Obras de interconexión LT							■	■		
Pruebas y puesta en servicio	Pruebas preoperativas							■			
	Verificación de equipos y sistemas (Pruebas de Control)							■			
	Integración y sincronización (Ajustes de Interconexión)								■		
	Puesta en servicio (Energización Final Técnica)									■	
Operación y mantenimiento	Supervisión continua										■
	Inspección y mantenimiento preventivo.										■
Abandono	Cierre al término de la vida útil	*Se tiene contemplado un mes para el desarrollo de esta etapa, el cual quedará sujeto a la fecha de paro total del Proyecto.*									

II.2.2 Preparación del sitio

En esta etapa se realizará el acondicionamiento físico del terreno dentro del polígono del Proyecto con una superficie aproximada de **10,000.00 m²,** ejecutando las actividades necesarias para la conformación de plataformas, vialidades internas y áreas destinadas al establecimiento de la infraestructura civil y electromecánica proyectada.

La preparación del sitio comprende el conjunto de actividades orientadas a adecuar las condiciones físicas del terreno para la construcción de la Subestación Eléctrica, considerando criterios de estabilidad estructural, funcionalidad operativa y prevención de impactos ambientales.

Las actividades previstas incluyen principalmente desmonte y despalme, excavaciones, cortes, rellenos, nivelación y compactación del terreno, habilitación de obras provisionales y ejecución de las obras de drenaje requeridas para la adecuada operación de la infraestructura.

Debido a las características del Proyecto y del sitio seleccionado, no se contemplan actividades de dragado, desvío de cauces o modificación directa de cuerpos de agua. La descripción de las obras y actividades consideradas para la construcción del Proyecto se desarrolla conforme a los criterios técnicos aplicables para instalaciones eléctricas de alta tensión y a las especificaciones de diseño establecidas para subestaciones eléctricas de maniobra en 115 kV.

II.2.2.1 Desmonte y despalme

Las actividades de desmonte y despalme se realizarán exclusivamente dentro de las áreas requeridas para el desplante de obras permanentes, vialidades internas, plataformas y zonas operativas del Proyecto, evitando afectaciones fuera de la poligonal autorizada.

a) Técnicas de ejecución

Previo al inicio de las actividades se efectuará el trazo y delimitación física de las áreas de trabajo, con el propósito de controlar las zonas de intervención y prevenir afectaciones a predios colindantes o a vegetación ubicada fuera de la superficie autorizada.

El retiro de la cobertura vegetal y la limpieza superficial del terreno se realizarán mediante procedimientos manuales y mecánicos, empleando maquinaria y equipo convencional de construcción, tales como tractor de orugas, retroexcavadora, motoconformadora y camiones de acarreo.

- ***Técnica mecánica***: En las áreas destinadas a plataformas, vialidades y zonas operativas se empleará maquinaria pesada para las actividades de derribo, seccionamiento, retiro de vegetación y limpieza del terreno, optimizando los tiempos de ejecución y el manejo interno de materiales.

- ***Técnica manual***: En áreas próximas a linderos, zonas de maniobra restringida y sectores cercanos a infraestructura existente, los trabajos se efectuarán mediante cuadrillas equipadas con motosierras, machetes y herramientas menores, permitiendo realizar cortes controlados y minimizar afectaciones fuera de las áreas autorizadas.

La distribución compacta de la infraestructura proyectada permitirá reducir la superficie sujeta a remoción de vegetación y concentrar las áreas de intervención dentro del propio polígono del Proyecto.

b) Tipo y volumen del material de despalme

El despalme consistirá en el retiro de la capa superficial de suelo orgánico presente en las áreas destinadas al desplante de estructuras, terracerías, vialidades internas y obras auxiliares. El espesor del despalme será variable conforme a las condiciones naturales del terreno, la topografía del sitio y la presencia de material orgánico superficial, estimándose un espesor promedio aproximado de 20 cm en las áreas de intervención.

El material producto del despalme estará constituido principalmente por:

- Suelo orgánico superficial (tierra fértil o tierra negra).
- Hojarasca y materia vegetal.
- Vegetación herbácea y arbustiva.
- Raíces delgadas y detritos vegetales.
- Fragmentos superficiales de material calcáreo característico de la región..

El material orgánico retirado no será utilizado como material de desplante, relleno estructural ni para la conformación de plataformas o terraplenes, debido a que no presenta las características geotécnicas requeridas para soportar cargas o procesos de compactación. Por tal motivo, será removido de las áreas destinadas a cimentaciones, excavaciones y superficies sujetas a compactación.

El suelo orgánico y material vegetal susceptible de aprovechamiento será almacenado temporalmente dentro del predio en montículos controlados menores a 1.50 m de altura, procurando evitar su compactación, erosión o pérdida de nutrientes. Posteriormente, podrá reutilizarse exclusivamente como cobertura superficial en actividades de restauración vegetal, estabilización de taludes, control de erosión y acondicionamiento de áreas verdes o libres del Proyecto, sin que constituya relleno estructural ni forme parte de elementos sujetos a carga.

II.2.2.2 Nivelación, excavación y compactación del terreno

Las actividades de excavación, nivelación, conformación de plataformas y compactación tendrán como finalidad generar superficies estables para el desplante de cimentaciones, estructuras metálicas, equipos eléctricos y obras auxiliares de la subestación, garantizando condiciones adecuadas de seguridad y operación durante toda la vida útil del Proyecto.

a) Métodos para garantizar la estabilidad de taludes

La adecuación del terreno considerará las condiciones topográficas naturales del sitio, caracterizadas por pendientes suaves y lomerío bajo. Como resultado de la conformación de plataformas podrán generarse desniveles menores que serán estabilizados mediante taludes mecánicos internos.

Los taludes serán diseñados considerando las características geotécnicas del sitio, constituidas predominantemente por materiales calcáreos y sascab, así como las recomendaciones técnicas aplicables para garantizar su estabilidad a largo plazo. Asimismo, las condiciones del subsuelo no presentan evidencias de comportamiento colapsable, dispersivo o susceptible a licuación que pudieran comprometer la estabilidad de las obras proyectadas.

Para reducir procesos erosivos y preservar la estabilidad superficial del terreno se implementarán las siguientes medidas:

- Conformación y perfilado mecánico de taludes mediante maquinaria de construcción.
- Compactación controlada de materiales en áreas de relleno y plataformas.
- Conservación y aprovechamiento del material orgánico recuperado durante el despalme para protección superficial de taludes y control de erosión.
- Establecimiento natural de cobertura vegetal en superficies expuestas cuando las condiciones operativas lo permitan.

b) Obras de drenaje pluvial

El Proyecto contempla la implementación de obras de drenaje superficial para la conducción y control de escurrimientos pluviales dentro del predio, evitando la acumulación de agua, la erosión del terreno y el arrastre de sedimentos.

Las áreas correspondientes al patio de maniobras serán acondicionadas con material gravado, favoreciendo la infiltración natural del agua de lluvia y reduciendo la impermeabilización del terreno. Asimismo, la permeabilidad natural de los materiales calcáreos predominantes contribuye a la infiltración de los escurrimientos y disminuye la generación de flujos superficiales concentrados.

En la base de los taludes y alrededor de las áreas pavimentadas o con superficies rígidas se habilitarán elementos de conducción pluvial que permitan captar y dirigir los escurrimientos hacia zonas de infiltración dentro del propio predio, contribuyendo a proteger las instalaciones eléctricas y a mantener condiciones adecuadas de drenaje.

c) Volumen y fuente de suministro del material para la nivelación

La nivelación del terreno se realizará procurando mantener un balance interno entre los materiales producto de cortes y rellenos generados durante la preparación del sitio. El material utilizado para la conformación de plataformas y terraplenes estará constituido preferentemente por materiales calcáreos y pétreos provenientes del propio predio, siempre que cumplan con las especificaciones geotécnicas requeridas para su utilización.

Previamente a las actividades de terracería se efectuará el retiro de la capa superficial de suelo orgánico mediante despalme. Considerando un espesor promedio estimado de **0.20 m** sobre la superficie de intervención del Proyecto (**10,000 m²**), se prevé la generación aproximada de **2,000.00 m³** de material orgánico, el cual será manejado de forma independiente a los materiales de corte y terraplén, pudiendo aprovecharse parcialmente en actividades de estabilización superficial, protección de taludes y control de erosión.

De acuerdo con el **Plano Topográfico Curvas de nivel** y **Terracerías** del Proyecto (**Anexo III**), se estiman los siguientes volúmenes de movimiento de tierras:

TABLA 4 VOLÚMENES ESTIMADOS DE CORTE Y TERRAPLÉN

Concepto	Volumen estimado (m³)	Descripción
Corte	13,637.41	Material generado durante la adecuación topográfica y conformación de plataformas.
Terraplén	11,073.46	Material requerido para rellenos y nivelación de áreas operativas.
Balance (Corte – Terraplén)	2,563.95	Diferencia entre el volumen de material generado y el requerido para rellenos.

Los materiales destinados a rellenos estructurales deberán cumplir con los requisitos de compactación, capacidad de soporte y control de expansión establecidos para el Proyecto, conforme a las recomendaciones geotécnicas aplicables.

Considerando que el volumen estimado de corte es superior al volumen requerido para terraplén, se prevé que una proporción significativa de los materiales generados durante la preparación del sitio pueda ser reutilizada dentro del propio predio para la conformación de plataformas, terracerías y obras complementarias, reduciendo la necesidad de incorporar material externo.

En caso de que los materiales obtenidos no satisfagan las especificaciones técnicas requeridas o se requiera material complementario para alguna obra específica, éste procederá de bancos de préstamo debidamente autorizados conforme a la normatividad ambiental aplicable.

d) Volumen de material sobrante o residual

De acuerdo con las estimaciones de movimiento de tierras del Proyecto (**Tabla 4**), el volumen de material producto de corte excede al requerido para la conformación de terraplenes y plataformas, generándose un excedente teórico de aproximadamente **2,563.95 m³.**

No obstante, se procurará el aprovechamiento interno de los materiales que cumplan con las especificaciones geotécnicas aplicables, mediante su utilización en plataformas, terracerías, caminos interiores y demás obras complementarias. Asimismo, el suelo orgánico recuperado durante el despalme podrá emplearse en actividades de protección superficial de taludes, control de erosión y acondicionamiento de áreas libres.

En virtud de que el aprovechamiento definitivo de los materiales dependerá de su calidad geotécnica y de los requerimientos constructivos durante la ejecución de las obras, el volumen final de material excedente que requiera disposición externa será determinado en la etapa constructiva. Los materiales que no resulten aptos para su reutilización o que no puedan ser aprovechados dentro del Proyecto serán manejados, transportados y dispuestos conforme a la normatividad ambiental vigente, en sitios autorizados para su disposición final.

II.2.2.3 Cortes

a) Altura promedio y máxima de los cortes

Los cortes proyectados corresponden a las actividades de adecuación topográfica requeridas para la conformación de la plataforma de desplante de la subestación eléctrica, así como para la construcción de cimentaciones, vialidades internas y demás obras asociadas al Proyecto.

Los cortes se distribuirán de manera localizada dentro del área de construcción, siguiendo la configuración natural del terreno y procurando mantener un balance entre los volúmenes de corte y terraplén. (**Anexo III. Plano de Curvas de Nivel y Terracerías**).

Las profundidades de corte previstas son relativamente bajas y responden principalmente a la regularización superficial del terreno. La altura máxima y promedio de los cortes estará definida por las diferencias de nivel existentes y los niveles de Proyecto establecidos en la ingeniería de detalle, sin que se prevean excavaciones masivas o modificaciones significativas de la topografía natural fuera del área de construcción.

b) **Técnica constructiva y estabilización**

Los cortes serán ejecutados mediante maquinaria convencional de construcción, principalmente excavadora hidráulica, tractor de orugas y equipo auxiliar de terracerías. Las actividades comprenderán el despalme, excavación, perfilado y conformación gradual de taludes, procurando mantener condiciones adecuadas de estabilidad durante todo el proceso constructivo. Con el fin de prevenir procesos erosivos, pérdida de material y afectaciones por escurrimientos superficiales, se implementarán las siguientes medidas:

- Compactación controlada de superficies y rellenos.
- Conformación y perfilado adecuado de taludes.
- Implementación de obras temporales de drenaje superficial para el desvío y conducción de escurrimientos pluviales.
- Protección temporal de áreas con suelo expuesto durante la etapa constructiva.
- Control de arrastre de sedimentos mediante barreras y prácticas de conservación de suelo.
- Aprovechamiento del suelo orgánico recuperado durante el despalme para estabilización superficial y protección de áreas susceptibles a erosión.

Estas medidas permitirán mantener la estabilidad de las áreas intervenidas y reducir la generación de sedimentos durante la construcción del Proyecto.

c) Volumen estimado de material por remover

Con base en la **Tabla 4**, se estima un volumen aproximado de **13,637.41 m³** de material producto de corte y un volumen de **11,073.46 m³** requerido para la conformación de terraplenes y nivelación de las áreas operativas, dentro de la superficie de construcción de **10,000 m².**

Los volúmenes señalados corresponden a la estimación de movimiento de tierras considerada para la adecuación topográfica del sitio y podrán presentar ajustes menores durante la ejecución de las obras, en función de las condiciones reales encontradas en campo y de los requerimientos constructivos definitivos.

El material pétreo y calcáreo que cumpla con las especificaciones geotécnicas aplicables será reutilizado preferentemente dentro del propio predio para la conformación de plataformas, terraplenes, vialidades internas y demás obras complementarias. Esta estrategia permitirá optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y minimizar la necesidad de suministro de material externo.

Considerando que el volumen estimado de corte es superior al volumen requerido para terraplén, se prevé un excedente teórico de aproximadamente **2,563.95 m³.** No obstante, el volumen final de material sobrante dependerá del grado de aprovechamiento que pueda lograrse durante la construcción y de la calidad geotécnica de los materiales obtenidos. Los materiales que no resulten aptos para su reutilización serán manejados y dispuestos conforme a la normatividad ambiental vigente en sitios autorizados para tal fin.

II.2.2.4 Rellenos

a) Tipo de material de relleno

El material de relleno estará constituido principalmente por material pétreo, roca caliza fragmentada y material producto de cortes y excavaciones generados durante la preparación y nivelación del terreno, siempre que cumplan con las especificaciones geotécnicas requeridas para la conformación de plataformas, terraplenes, vialidades internas y cimentaciones.

Previo a su utilización, el material será seleccionado para eliminar residuos vegetales, materia orgánica o elementos inadecuados que puedan afectar las condiciones de compactación y estabilidad de las obras.
No se contempla el empleo de materiales que presenten características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (CRETIB), ni sustancias susceptibles de generar contaminación del suelo, subsuelo o cuerpos de agua.

b) Bancos de suministro

Se estima un volumen de corte de **13,637.41 m³** y un volumen de terraplén de **11,073.46 m³,** por lo que se prevé que una proporción importante del material requerido para rellenos y conformación de plataformas pueda obtenerse de los materiales generados durante las actividades de corte y excavación dentro del propio predio.

No obstante, el aprovechamiento de dichos materiales estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones geotécnicas requeridas para cada elemento constructivo. En este sentido, los materiales producto de corte que no satisfagan los criterios de calidad, capacidad de soporte o compactación establecidos para el Proyecto no serán utilizados en rellenos estructurales.

Podrá requerirse material selecto tipo sascab o material de banco con características geotécnicas adecuadas para la conformación de plataformas, capas de subrasante y demás rellenos que demanden condiciones específicas de desempeño. En caso de requerirse material complementario, éste será adquirido exclusivamente de bancos de materiales autorizados y legalmente establecidos, en cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable.

c) Volumen estimado, forma de manejo y traslado del material.

Se estima la utilización de aproximadamente **11,073.46 m³** de material para rellenos y conformación de terraplenes dentro de las áreas destinadas a la construcción de la subestación eléctrica y obras asociadas.

El material será transportado principalmente dentro del propio predio mediante maquinaria de construcción y camiones de volteo, priorizando el aprovechamiento de los materiales obtenidos durante

las actividades de corte y excavación, con la finalidad de reducir movimientos externos de materiales y minimizar impactos ambientales asociados al transporte.

Durante las actividades de carga, traslado, extendido y conformación de rellenos se implementarán medidas de control ambiental consistentes en:

- Riego periódico de superficies y caminos temporales para disminuir la generación de polvo.
- Control de velocidad de la maquinaria y vehículos de obra.
- Cobertura de los camiones cuando sea necesario transportar material fuera de las áreas de trabajo.
- Control de escurrimientos y arrastre de sedimentos durante la temporada de lluvias
- Mantenimiento preventivo de la maquinaria para evitar fugas de combustibles o lubricantes.

Estas medidas permitirán minimizar la emisión de partículas y prevenir afectaciones al suelo y a las áreas circundantes.

d) Técnica constructiva

El relleno se realizará mediante el procedimiento de capas controladas, conforme a las especificaciones geotécnicas del Proyecto:

1. El material será extendido en capas horizontales sucesivas con espesor máximo de 20 a 30 cm utilizando motoniveladora, retroexcavadora o equipo equivalente.
2. Cada capa será acondicionada a su contenido óptimo de humedad mediante aplicación controlada de agua.
3. Posteriormente se efectuará la compactación mecánica mediante vibrocompactador o equipo equivalente.
4. El proceso de extendido, humedecimiento y compactación se repetirá hasta alcanzar los niveles de Proyecto establecidos.
5. La compactación deberá alcanzar como mínimo el 95% de la densidad seca máxima obtenida en la prueba Proctor Modificado o el criterio geotécnico que determine la ingeniería de detalle.

Lo anterior permitirá garantizar la capacidad de carga requerida, reducir asentamientos diferenciales y proporcionar condiciones adecuadas para la estabilidad de las cimentaciones y estructuras proyectadas.

II.2.2.5 Dragados

El Proyecto se localiza en una zona terrestre correspondiente a un sistema de lomeríos bajos de origen cárstico, sin presencia de cuerpos de agua superficiales, zonas inundables o áreas sujetas a influencia marina directa dentro del polígono de intervención.

En virtud de las características topográficas y geohidrológicas del sitio, las obras proyectadas no requieren excavaciones en cuerpos de agua, remoción de sedimentos subacuáticos ni actividades de dragado. Por lo anterior, no se contempla la realización de dragados durante ninguna de las etapas del Proyecto.

II.2.2.6 Desviación de cauces

No se identificaron cauces permanentes, corrientes superficiales intermitentes, arroyos, escurrimientos confinados ni infraestructura hidráulica que requiera modificación, canalización o desvío para la ejecución del Proyecto.

Asimismo, debido a que el drenaje natural de la zona se desarrolla principalmente por infiltración hacia el subsuelo, característica propia de los terrenos calcáreos de la región, las obras proyectadas no interferirán con cauces naturales ni alterarán patrones regionales de escurrimiento. En consecuencia, no se contemplan obras de desviación, rectificación, canalización o entubamiento de cauces durante la construcción y operación del Proyecto.

II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del Proyecto

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto, se habilitarán obras e instalaciones provisionales necesarias para apoyar las actividades constructivas, almacenamiento de materiales, operación de maquinaria y atención del personal.

Todas las obras provisionales se localizarán exclusivamente dentro del polígono autorizado del Proyecto, evitando la ocupación de superficies adicionales o afectaciones fuera del área destinada para la construcción de la subestación. Asimismo, dichas instalaciones tendrán carácter temporal y serán retiradas una vez concluidas las actividades constructivas.

Las principales obras y actividades provisionales contempladas son las siguientes:

a) Almacén temporal de materiales y herramientas

Se habilitará un almacén temporal destinado al resguardo de materiales de construcción, cableado, herrajes, herramientas menores y equipos auxiliares requeridos durante la obra.
El almacén consistirá en una estructura provisional con techumbre metálica o lona de alta resistencia, instalada sobre una superficie previamente acondicionada y compactada dentro del predio, procurando áreas con estabilidad y fácil acceso para maniobras de carga y descarga. Su diseño considerará delimitación física, ordenamiento interno y medidas de limpieza permanentes para evitar dispersión de materiales, generación innecesaria de residuos y afectaciones al suelo o áreas colindantes.

b) Oficinas provisionales y área de servicios al personal

Durante la etapa constructiva se instalarán oficinas temporales para actividades administrativas, supervisión técnica, control de obra, seguridad y resguardo documental.
Las instalaciones podrán consistir en módulos móviles, remolques o contenedores prefabricados, permaneciendo únicamente durante el periodo constructivo. Estas áreas contarán con servicios básicos temporales para el personal autorizado.

De forma complementaria, se habilitará un área sombreada provisional para consumo de alimentos del personal. No se contempla preparación de alimentos ni uso de fuego dentro del predio. La concentración de estas instalaciones en un mismo sector del predio permitirá reducir dispersión de áreas intervenidas y facilitar el control operativo y ambiental de la obra.

c) Instalaciones sanitarias provisionales

Para el servicio del personal de construcción se instalarán sanitarios portátiles temporales dentro del área del Proyecto. El mantenimiento, limpieza y disposición final de residuos sanitarios serán realizados periódicamente por empresas autorizadas, evitando descargas directas al suelo o cuerpos de agua.

d) Áreas temporales de acopio y almacenamiento de residuos

Se habilitarán áreas temporales destinadas al acopio controlado de:

- Material vegetal producto del desmonte y despalme.
- Residuos de construcción.
- Material pétreo y productos de excavación.
- Residuos de manejo especial.
- Residuos peligrosos generados de forma eventual durante la obra.

Las áreas de acopio contarán con delimitación física, control operativo y medidas preventivas para evitar dispersión por viento, arrastre por escurrimientos pluviales o contaminación del suelo. Para residuos susceptibles de contaminación, tales como estopas impregnadas, envases vacíos de lubricantes o materiales contaminados con hidrocarburos, se dispondrá de contenedores identificados y superficies impermeables temporales. Asimismo, el Área Temporal de Almacenamiento de Residuos contará con techado y sistema de contención secundaria para evitar contacto directo con el suelo natural.

e) Caminos interiores y áreas temporales de circulación

Durante la etapa constructiva se utilizarán caminos interiores provisionales y áreas temporales de circulación para el tránsito de maquinaria, vehículos de carga y personal.

El Proyecto aprovechará en la medida de lo posible accesos existentes y superficies previamente intervenidas, reduciendo la apertura de nuevas áreas de afectación.

Adicionalmente, se habilitará un patio provisional de servicio y resguardo de maquinaria dentro de las zonas previamente desmontadas, destinado al estacionamiento temporal de equipo pesado y optimización logística de las actividades constructivas. Para reducir emisiones de polvo y partículas suspendidas, se implementará riego periódico mediante camión cisterna y control de velocidad de circulación dentro del predio.

f) Actividades provisionales asociadas a maquinaria y equipo

No se contempla el almacenamiento masivo de combustibles dentro del predio. El suministro se realizará mediante unidades móviles o proveedores externos autorizados, efectuando cargas directas a los equipos de trabajo. Los cambios mayores de aceite, reparaciones mecánicas especializadas o mantenimiento correctivo de maquinaria pesada no se realizarán dentro del sitio del Proyecto. En caso necesario, los equipos serán trasladados a talleres externos autorizados.

En caso de que se requieran reparaciones menores de emergencia que no impliquen manejo significativo de fluidos contaminantes, los residuos derivados del mantenimiento de maquinaria, tales como aceites usados, filtros, estopas impregnadas o envases vacíos, serán manejados conforme a la normatividad aplicable en materia de residuos peligrosos.

g) Temporalidad de las obras provisionales

Las obras e instalaciones provisionales permanecerán únicamente durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto, estimadas conforme al programa general de trabajo. Una vez concluidas las actividades constructivas y previo al inicio formal de operación, dichas instalaciones serán desmontadas y retiradas del predio, efectuándose limpieza general y manejo adecuado de los residuos generados, así como la integración de las áreas intervenidas al diseño definitivo del Proyecto.

h) Medidas para la reducción de impactos ambientales

Con la finalidad de minimizar los impactos ambientales asociados a las obras y actividades provisionales, se implementarán las siguientes medidas:

- Confinamiento de todas las instalaciones provisionales dentro del polígono autorizado del Proyecto.
- Aprovechamiento de áreas previamente intervenidas para evitar afectaciones adicionales sobre la cobertura vegetal circundante.
- Control de emisiones de polvo mediante riego periódico y control de velocidad de maquinaria.
- Manejo integral de residuos conforme a la normatividad ambiental vigente.

- Uso de sanitarios portátiles con mantenimiento especializado por empresas autorizadas.
- Prohibición de almacenamiento masivo de combustibles dentro del predio.
- Implementación de medidas inmediatas de contención y atención en caso de derrames accidentales.
- Uso de charolas de goteo y superficies impermeables temporales en zonas de maquinaria y residuos.
- Retiro total de instalaciones temporales al concluir la etapa constructiva.

Debido al carácter temporal, localizado y controlado de estas obras auxiliares, así como a la aplicación de medidas preventivas y de manejo ambiental, no se prevé la generación de impactos ambientales permanentes o de magnitud significativa asociados a su instalación y funcionamiento.

II.2.4 Etapa de construcción

La etapa de construcción del Proyecto comprende la ejecución de las obras permanentes y auxiliares necesarias para la instalación, interconexión y puesta en operación de una Subestación Eléctrica de Maniobras (SE MAN) en 115 kV, destinada a la apertura e interconexión de la Línea de Transmisión (LT) LRA 73110 CMO.

Las actividades constructivas se desarrollarán exclusivamente sobre tierra firme dentro del polígono autorizado de **10,000 m^2**, por lo que no se contemplan obras en medio acuático, dragados, rellenos hidráulicos, desviación de cauces ni modificaciones a cuerpos de agua superficiales. (**Ver Anexo III. Disposición de Equipos)**

El Proyecto contempla la construcción de:

- Patio de maniobras;
- Cimentaciones para equipos y estructuras;
- Caseta de control;
- Caseta de vigilancia;
- Edificio auxiliar para planta diésel;
- Caminos interiores;
- Sistemas de drenaje pluvial;
- Sistemas hidráulicos y sanitarios;
- Alumbrado interior y exterior;
- Sistemas de tierras;
- Estructuras metálicas y equipos electromecánicos asociados a la subestación.

La construcción se ejecutará de manera secuencial mediante actividades de terracerías y nivelación; excavaciones; conformación de plataformas; habilitado y colado de concreto; construcción de obras

civiles; montaje estructural; instalación electromecánica; tendido de cableado; instalación de sistemas auxiliares; y pruebas preoperativas y puesta en servicio.

La construcción se realizará integrando actividades de obra civil, obra electromecánica, instalación de servicios auxiliares y sistemas de control, protección y comunicación. Durante el desarrollo de las obras se implementarán medidas preventivas y de control ambiental orientadas a minimizar emisiones de polvo, generación de residuos, erosión, escurrimientos y riesgos de contaminación del suelo.

II.2.4.1 Obras civiles y electromecánicas

II.2.4.1.1 Patio de maniobras y disposición electromecánica

La subestación será desarrollada bajo una configuración de doble barra en **115 kV** con bahía de transferencia–amarre, permitiendo efectuar maniobras operativas, aislamiento de fallas y mantenimiento de equipos sin afectar la continuidad del suministro eléctrico. (**Ver Anexo III. Diagrama Unifilar)**

El patio de maniobras integrará la instalación de:

- Interruptores de potencia tripolares en SF6;
- Cuchillas desconectadoras;
- Barras colectoras;
- Transformadores de corriente;
- Transformadores de potencial;
- Apartarrayos;
- Estructuras metálicas;
- Cableado de fuerza y control;
- Sistemas de protección;
- Sistemas de comunicación y monitoreo.

La infraestructura eléctrica principal estará integrada por:

TABLA 5 EQUIPOS DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

Equipo	Cantidad
Interruptores de potencia tripolar en SF6	4 piezas
Cuchillas desconectadoras CPT	3 piezas
Cuchillas desconectadoras SPT	8 piezas
Transformadores de corriente (TC’s)	9 piezas
Transformadores de potencial (TP’s)	10 piezas
Transformadores reductores para servicios auxiliares	3 piezas
Apartarrayos	9 piezas

Las áreas no ocupadas por cimentaciones, vialidades y estructuras permanentes contarán con acabado gravado, permitiendo:

- Disipación dieléctrica
- Infiltración natural del agua pluvial
- Reducción de escurrimientos superficiales
- Disminución de erosión
- Reducción de impermeabilización del terreno.

El montaje electromecánico requerirá maniobras mediante grúas, plataformas y equipo especializado para colocación de estructuras, aisladores, herrajes y equipos de potencia. Durante estas actividades se generarán emisiones temporales de ruido y polvo derivadas del tránsito de maquinaria y maniobras de montaje, por lo que se implementarán medidas de control mediante mantenimiento preventivo de equipos, delimitación de áreas de trabajo y riego periódico de superficies.

II.2.4.1.2 Terracerías y conformación de plataformas

La adecuación del terreno para el desplante de la Subestación Eléctrica de Maniobras se realizará mediante actividades de terracerías, cortes, rellenos, compactación y conformación de plataformas, con la finalidad de generar superficies estables para la instalación de estructuras metálicas, cimentaciones, vialidades internas, canalizaciones eléctricas y equipos electromecánicos asociados al sistema de transmisión en 115 kV.

El predio presenta una topografía característica de lomerío bajo con diferencias altimétricas internas, por lo que será necesario efectuar adecuaciones mediante cortes y terraplenes controlados para alcanzar los niveles de Proyecto requeridos para las distintas áreas operativas de la subestación.

Los volúmenes de movimiento de tierras son los siguientes:

Concepto	Volumen aproximado
Corte	13,637.41 m^3
Terraplén	11,073.46 m^3

Ver Anexo III. Plano de terracerías y Plano topográfico

Las actividades de desmonte y despalme se realizarán únicamente en las áreas destinadas a la construcción de plataformas, cimentaciones, vialidades internas y obras auxiliares. El material orgánico y vegetal removido será separado de los materiales de corte y no se empleará en rellenos estructurales, pudiendo aprovecharse posteriormente para la protección superficial de taludes, control de erosión y estabilización de áreas expuestas.

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, el material superficial con contenido de materia orgánica, raíces o arcillas no aptas será retirado de las áreas destinadas a cimentaciones y terraplenes, garantizando condiciones adecuadas para la conformación de plataformas y la compactación de rellenos. La conformación de plataformas se realizará mediante cortes y rellenos compensados, procurando maximizar el aprovechamiento de los materiales obtenidos dentro del propio predio y minimizar la necesidad de incorporar material externo.

Previamente a la construcción de los terraplenes, las superficies de desplante serán escarificadas, acondicionadas y compactadas conforme a las especificaciones geotécnicas aplicables. Los rellenos se colocarán en capas sucesivas de espesor controlado, no mayores a 30 cm, compactándose hasta alcanzar el grado de compactación establecido en el estudio de mecánica de suelos y en las especificaciones constructivas del Proyecto.

Los materiales aptos producto de cortes y excavaciones podrán reutilizarse en la conformación de plataformas y terraplenes. Cuando dichos materiales no cumplan con los requisitos de calidad geotécnica, capacidad de soporte o compactación requeridos, se empleará material selecto tipo sascab o material procedente de bancos autorizados que satisfaga las especificaciones técnicas correspondientes.
Los taludes de corte y relleno serán conformados de acuerdo con las condiciones geotécnicas del sitio y las especificaciones del Proyecto ejecutivo, incorporando las obras de estabilización y control de erosión que resulten necesarias. Entre dichas medidas podrán incluirse recubrimientos superficiales, cunetas, filtros, drenes, obras de conducción pluvial y demás elementos de protección indicados en el Plano de Protección de Taludes.

En las zonas donde se requiera garantizar la estabilidad de plataformas o el confinamiento de materiales de relleno, se construirán muros de contención de concreto armado con sus respectivos sistemas de drenaje y desfogue hidráulico, de conformidad con el diseño estructural correspondiente.
Las vialidades internas y banquetas serán construidas con pendientes adecuadas para conducir los escurrimientos superficiales hacia cunetas y estructuras de drenaje pluvial, evitando acumulaciones de agua y procesos erosivos dentro de las áreas operativas.

Durante la ejecución de las terracerías se generarán de manera temporal emisiones de polvo, ruido y movimiento de materiales asociadas a la operación de maquinaria pesada, excavaciones, compactaciones y tránsito de vehículos. Para minimizar dichos efectos se aplicarán medidas de control ambiental, incluyendo riego periódico de superficies, mantenimiento preventivo de maquinaria y control de velocidad de los vehículos de obra.

II.2.4.1.3 Cimentaciones y estructuras

Las obras de cimentación y soporte estructural del Proyecto tienen por objeto proporcionar estabilidad y capacidad de carga a las estructuras metálicas, equipos electromecánicos, vialidades internas y edificaciones auxiliares que conforman la Subestación Eléctrica de Maniobras en 115 kV. (**Ver Anexo III. Plano de Cimentaciones y Plano de estructuras mayores).**

Previo a la construcción de las cimentaciones se retirará el material superficial con contenido de materia orgánica, raíces o suelos inadecuados, conformando previamente plataformas estables y compactadas que permitan transmitir adecuadamente las cargas estructurales al terreno natural. Las cimentaciones proyectadas están integradas principalmente por:

- zapatas aisladas tipo Z-1;
- dados de concreto;
- contratrabes;
- columnas;
- castillos;
- placas base;
- pernos de anclaje;
- acero de refuerzo;
- firmes y pisos de concreto armado.

Las excavaciones para cimentación se realizarán mediante maquinaria y equipo convencional hasta alcanzar los niveles de desplante establecidos en los planos constructivos. Una vez preparada la excavación se colocará una plantilla de concreto simple con resistencia f'c = 100 kg/cm² y espesor aproximado de 5 cm, que servirá como base para el armado y colado de los elementos estructurales.

Las cimentaciones estructurales serán construidas con concreto armado con resistencia especificada f'c = 300 kg/cm² y acero de refuerzo con límite de fluencia fy = 4,200 kg/cm². Los contratrabes tipo CT-1 presentan dimensiones aproximadas de 0.50 m de ancho por 0.30 m de peralte, mientras que los demás elementos estructurales presentan dimensiones variables de acuerdo con las cargas de diseño de cada estructura o equipo.

Las actividades constructivas asociadas a las cimentaciones comprenderán la excavación, habilitado y colocación de acero de refuerzo, instalación de cimbra, colocación de anclas y placas base, colado, vibrado y curado del concreto, así como el relleno y compactación perimetral de las excavaciones una vez concluidos los trabajos estructurales.

Las cimentaciones estarán destinadas principalmente al soporte de:

- estructuras metálicas de patio;
- interruptores de potencia;

- cuchillas desconectadoras;
- barras colectoras;
- transformadores de instrumento;
- soportes de cableado;
- estructuras de telecomunicación;
- equipos auxiliares y de control.

Las estructuras mayores estarán conformadas por columnas, trabes y soportes fabricados con perfiles de acero galvanizado, unidos mediante placas de conexión, anclas y tornillería estructural de alta resistencia, conforme a las especificaciones del Proyecto ejecutivo. Su montaje se realizará mediante grúas y equipo especializado, siguiendo procedimientos de seguridad y control de calidad aplicables.

Como parte de las obras civiles complementarias, se construirán firmes, banquetas, rampas y áreas de circulación interior. Los pisos terminados estarán constituidos por concreto armado con resistencia f'c = 200 kg/cm², reforzado con acero en ambas direcciones y apoyado sobre base compactada. Asimismo, se incorporarán juntas de expansión y contracción para controlar movimientos diferenciales y reducir la formación de agrietamientos.

Los pisos terminados consideran principalmente:

- firme de concreto de aproximadamente 10 cm de espesor;
- juntas de expansión;
- juntas de contracción;
- impermeabilización en trabes de liga;
- rampas de acceso y emergencia;
- banquetas perimetrales;
- pasos de firme de concreto sobre contratrabes intermedias.

Las juntas serán selladas con materiales impermeables y se ubicarán conforme a lo establecido en los planos estructurales y arquitectónicos, permitiendo absorber deformaciones por cambios de temperatura, asentamientos diferenciales y retracción del concreto.

Durante la construcción de cimentaciones y estructuras se generarán temporalmente emisiones de polvo, ruido, residuos de construcción y tránsito de maquinaria. Para minimizar dichos efectos se implementarán medidas de control ambiental consistentes en:

- humectación periódica de superficies expuestas;
- manejo y disposición adecuada de residuos de construcción;
- almacenamiento temporal ordenado de materiales e insumos;
- mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo;
- prevención y atención inmediata de derrames accidentales;

- limpieza continua de las áreas de trabajo.

La aplicación de estas medidas permitirá reducir los impactos ambientales temporales asociados a la construcción de las obras civiles y estructurales del Proyecto.

II.2.4.1.4 Caseta de control

Como parte de las obras permanentes del Proyecto se construirá una caseta de control destinada al alojamiento de los sistemas de protección, control, medición, teleprotección, comunicaciones, servicios auxiliares y supervisión remota requeridos para la operación de la Subestación Eléctrica de Maniobras en 115 kV.(**Ver Anexo III. Planos Caseta de control)**

La caseta contará con una superficie aproximada de 144 m² y estará conformada por áreas funcionales destinadas a operación, control y soporte técnico de la subestación, incluyendo:

- cuarto de control;
- sala de tableros;
- área de teleprotección y comunicaciones;
- sala de baterías;
- oficina técnica;
- sanitario;
- área de archivo;
- pasillos de circulación y acceso.

La edificación será construida mediante cimentación y estructura de concreto reforzado, utilizando muros de block macizo de concreto de 15×20×40 cm, fabricados industrialmente conforme a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012.

Los muros no estructurales serán colocados con mortero tipo I y aparejo cuatrapeado, considerando juntas uniformes de 1 cm de espesor y acabado aparente por ambas caras. Las piezas deberán colocarse limpias, secas y libres de sustancias que afecten la adherencia del mortero.

Las características mecánicas de los materiales constructivos serán las siguientes:

- resistencia media del block: f’p = 15 MPa (150 kg/cm²);
- resistencia de diseño a compresión: f’p = 9.8 MPa (100 kg/cm²);
- absorción inicial máxima: ≤ 5 g/min;
- absorción total en 24 horas: ≤ 12 %.

La estructura principal estará integrada por zapatas aisladas; columnas de concreto reforzado; trabes; contratrabes; losa de azotea; y castillos y dalas de cerramiento.

Las cimentaciones serán desplantadas sobre plantilla de concreto simple con resistencia f'c=100 kg/cm² y espesor aproximado de 5 cm, previa preparación y compactación del terreno natural.

Conforme a los materiales de los elementos estructurales, se utilizarán los siguientes materiales:

TABLA 6 MATERIALES Y RESISTENCIAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CASETA DE CONTROL.

Elemento estructural	Material / Resistencia
Zapatas	Concreto f'c = 300 kg/cm²
Trabes	
Columnas	
Losa	
Castillos	Concreto f'c = 200 kg/cm²
Dalas	
Elementos secundarios	
Acero de refuerzo	fy = 4,200 kg/cm²

Los recubrimientos mínimos de acero de refuerzo para los elementos estructurales son los siguientes:

TABLA 7 RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS DE ACERO DE LA CASETA DE CONTROL.

Elemento estructural	Recubrimiento
Zapatas	5 cm
Contratrabes	
Dados	
Columnas	3 cm
Trabes	
Losa de azotea	2 cm
Dalas	
Castillos	

La caseta contará con cubierta de losa inclinada impermeabilizada, diseñada para facilitar el desalojo pluvial mediante pendientes aproximadas de 7.5 % y 16.1 %. La cubierta incorporará bajantes y conducción superficial conectada al sistema general de drenaje pluvial del Proyecto.

Las fachadas presentan alturas variables derivadas de la inclinación de cubierta, alcanzando niveles aproximados de nivel inferior de desplante: NPT = +0.00; nivel de piso terminado de caseta: NPTC = +0.30; y alturas de fachada entre +4.30 m y +5.75 m.

La losa de azotea será de concreto reforzado y contará con volados perimetrales y elementos de rigidización estructural. Asimismo, se consideran trabes T-1, T-2 y T-3 con distribución específica de estribos y refuerzo estructural en zonas de conexión columna-trabe y volados de losa.

Las conexiones estructurales contemplan armado de columnas C-1; uniones trabe-columna; traslapes de acero; refuerzo en zonas de momento; y anclajes y placas de conexión.

Los pisos interiores serán de concreto terminado para uso industrial, mientras que las áreas exteriores inmediatas se integrarán a las vialidades y plataformas del patio de maniobras.

La caseta dispondrá de instalaciones y sistemas auxiliares consistentes en: alumbrado interior; contactos eléctricos; canalizaciones eléctricas; ductos para cableado de control y fuerza; instalación hidráulica; instalación sanitaria; sistema de ventilación; aire acondicionado; sistemas de comunicación y teleprotección; e interconexión con servicios auxiliares y sistemas de monitoreo.

El sistema de aire acondicionado estará conformado por unidades condensadoras y evaporadoras instaladas sobre bases estructurales de concreto reforzado tipo B-1, coladas monolíticamente con la losa.

Asimismo, la caseta contará con nicho para extintor empotrado; base estructural para tinaco; registros eléctricos; pasos de ductería; accesos por piso y por charola para canalizaciones.

La base de tinaco será construida mediante muros de block y losa de concreto reforzado, contemplando sistema de anclaje y soporte estructural para almacenamiento de agua de servicios auxiliares.

Las canalizaciones subterráneas permitirán la interconexión de la caseta con equipos del patio de maniobras; sistema general de tierras; alumbrado exterior; servicios auxiliares; sistemas de monitoreo; planta diésel de emergencia; sistemas de protección y control.

Durante la construcción de la caseta se realizarán actividades de excavación; habilitado y armado de acero; colocación de cimbra; colado de concreto; instalación de ductería; impermeabilización; colocación de block; acabados; montaje de instalaciones eléctricas e hidrosanitarias; y instalación de equipos auxiliares.

Durante dichas actividades se generarán emisiones temporales de polvo, ruido y residuos de construcción derivados de excavaciones, manejo de concreto y operación de maquinaria menor.

II.2.4.1.5 Caseta de vigilancia y accesos

Como parte de las obras permanentes asociadas al Proyecto se construirá una caseta de vigilancia y control de acceso ubicada próxima al ingreso principal de la subestación, destinada al control operativo, registro de personal y supervisión del acceso vehicular y peatonal hacia las instalaciones. (**Ver Anexo III. Planos caseta de vigilancia)**

La caseta se edificará sobre una plataforma de concreto reforzado y estará integrada por elementos estructurales de concreto, muros de mampostería ligera y cubierta inclinada impermeabilizada. La infraestructura contará con un diseño compacto y funcional acorde con las necesidades operativas de control y vigilancia del Proyecto.

La planta arquitectónica presenta dimensiones aproximadas de 3.70 m × 4.00 m, equivalente a una superficie cercana a 15 m². El área interior incluirá espacio de vigilancia y control; repisa de apoyo; sanitario; lavabo; área de acceso y circulación; cancelería y ventanería para supervisión visual exterior.

La caseta contará con una altura aproximada de 2.20 m en su parte baja y hasta 2.50 m en la sección superior de la cubierta inclinada. La cubierta presentará pendiente dirigida para conducción de aguas pluviales mediante bajante de PVC sanitario de 4” de diámetro.

El sistema constructivo estará conformado por cimentación corrida y zapatas de concreto reforzado; castillos y dalas de concreto; muros de block; losa de cimentación; cubierta inclinada impermeabilizada; acabados aparentes y pintura.

Las cimentaciones serán construidas con concreto reforzado y acero estructural conforme a las especificaciones técnicas indicadas en planos estructurales. Los elementos de desplante serán apoyados sobre plantilla de concreto simple y material compactado, considerando las condiciones geotécnicas del sitio.

TABLA 8 MATERIALES Y RESISTENCIAS DE LA CASETA DE VIGILANCIA.

Elemento estructural	Material / Resistencia
Losa de cimentación	Concreto f'c = 24.5 MPa (250 kg/cm²)
Castillos	Concreto f'c = 19.6 MPa (200 kg/cm²)
Dalas	
Piso	
Losa	
Banquetas	
Plantilla de concreto	Concreto f'c = 9.81 MPa (100 kg/cm²)
Acero de refuerzo	fy = 412 MPa (4,200 kg/cm²)

Los recubrimientos mínimos de acero serán:

TABLA 9 RECUBRIMIENTOS DE ACERO DE LA CASETA DE VIGILANCIA.

Elemento estructural	Recubrimiento
Losa de cimentación	5 cm
Contratrabes	5 cm
Cabezales	5 cm
Dalas	2.5 cm
Castillos	2.5 cm

La estructura incorporará castillos tipo K-1 y dalas D-1, así como sistema de losa armada con refuerzo longitudinal y transversal conforme al detalle estructural indicado en planos.

La cubierta contará con sistema de impermeabilización multicapa integrado por:

1. capa de mortero cemento–arena;
2. membrana prefabricada impermeable;
3. acabado superior de protección.

Asimismo, la caseta dispondrá de instalaciones eléctricas básicas; iluminación interior; salidas eléctricas; instalación hidrosanitaria; muebles sanitarios; ventilación natural; ventanería de aluminio; y puerta metálica de acceso.

El sanitario contará con inodoro; lavabo; accesorios básicos; y descarga sanitaria conectada al sistema auxiliar del Proyecto.

La construcción de la caseta de vigilancia comprenderá actividades de:

- excavación;
- conformación de plantilla;
- habilitado y armado de acero;
- cimbrado;
- colado de concreto;
- colocación de block;
- impermeabilización;
- instalaciones eléctricas e hidrosanitarias;
- acabados y pintura.

Durante dichas actividades se generarán emisiones temporales de polvo, ruido y residuos de construcción, los cuales serán manejados mediante medidas de control ambiental.

Como parte complementaria de las obras permanentes, se habilitarán caminos interiores y áreas de circulación destinados al tránsito operativo, mantenimiento y maniobras de vehículos y equipos dentro de la subestación.

Las vialidades interiores serán construidas mediante superficies compactadas y acabados de concreto y grava, permitiendo circulación segura de vehículos operativos; grúas; maquinaria de mantenimiento; unidades de supervisión; y equipos especializados.

El diseño de los caminos interiores considerará pendientes suaves y conexión directa entre:

- acceso principal;
- caseta de vigilancia;
- caseta de control;
- edificio de planta diésel;
- patio de maniobras;
- áreas operativas de la subestación.

La conformación de las vialidades aprovechará la topografía natural del sitio y las plataformas previamente niveladas, minimizando movimientos adicionales de tierra y reduciendo procesos erosivos mediante drenaje superficial y control de escurrimientos pluviales.

II.2.4.1.6 Planta diésel de emergencia

Como parte de los servicios auxiliares permanentes del Proyecto se construirá una caseta destinada al alojamiento de la planta diésel de emergencia, cuya función será proporcionar respaldo eléctrico a los sistemas auxiliares de protección, control, teleprotección, comunicaciones, alumbrado y operación básica de la subestación en caso de interrupción del suministro principal. (**Ver Anexo III. Planos de Planta Diesel)**

La infraestructura se localizará dentro del área operativa de la subestación y estará conformada por una edificación compacta de aproximadamente 4.00 m × 5.00 m, equivalente a una superficie cercana a 20 m².

La construcción incluirá: área para planta generadora; área de maniobra y mantenimiento; nicho para extintor; ductos eléctricos; ventilación lateral; fosa para tanque de combustible; instalaciones eléctricas auxiliares; y cimentación y plataforma de concreto reforzado.

La caseta será edificada mediante cimentación de concreto armado, castillos, dalas, cadenas y elementos estructurales de concreto reforzado, utilizando muros de block macizo de concreto de 15 × 20 × 40 cm.

La estructura contará con cubierta inclinada de concreto reforzado, diseñada con pendientes aproximadas de 11.47 % y 13.14 %, permitiendo el desalojo eficiente de aguas pluviales mediante bajantes pluviales de PVC.

Las elevaciones arquitectónicas indican alturas aproximadas de:

- 2.20 m en muros laterales;
- 3.15 a 3.38 m en la parte superior de la cubierta inclinada.

El sistema constructivo considera zapatas corridas tipo Z-1; columnas estructurales tipo C-1; castillos K-1; dalas D-1; trabes T-1 y T-S; losa de azotea armada; cadena perimetral; impermeabilización multicapa.

Las cimentaciones serán desplantadas sobre plantilla de concreto simple y material compactado conforme a las especificaciones estructurales indicadas en planos. El relleno estructural deberá compactarse al 95 % de su Peso Volumétrico Seco Máximo determinado mediante prueba Proctor estándar.

De acuerdo a la infraestructura se utilizarán los siguientes materiales:

TABLA 10 MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA PLANTA DIESEL.

Categoría	Elemento	Especificación / Resistencia
Concretos estructurales	Losa de cimentación	f'c = 24.5 MPa (250 kg/cm²)
	Columnas	f'c = 19.6 MPa (200 kg/cm²)
	Castillos	
	Cadenas	
	Piso	
	Losa	
	Plantilla	f'c = 9.81 MPa (100 kg/cm²)
Acero de refuerzo	Acero corrugado	fy = 412 MPa (4,200 kg/cm²)
Muros	Block macizo de concreto	15 × 20 × 40 cm

Los recubrimientos mínimos de acero serán:

TABLA 11 RECUBRIMIENTOS DE ACERO DE LA PLANTA DIÉSEL.

Elemento estructural	Recubrimiento mínimo de acero
Losa de cimentación	5 cm
Contratrabes	
Dados	
Columnas	3 cm
Trabes	
Losa	2 cm
Azotea	
Dalas	
Castillos	

Los muros serán construidos con block de concreto macizo fabricado conforme a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012, utilizando mortero tipo I y aparejo cuatrapeado.

La cubierta contará con sistema de impermeabilización compuesto por aislamiento térmico a base de espuma de poliuretano de 5 cm de espesor; capa de mortero cemento–arena relación 1:4 de 2.5 cm de espesor reforzada con malla hexagonal; riego de imprimación; y membrana impermeable prefabricada APP reforzada con malla de poliéster.

Los acabados arquitectónicos incluirán: firme de concreto armado de 10 cm; pisos de concreto pulido; banquetas perimetrales; repellado y pintura vinílica en muros; acabado impermeable en cubierta; herrería y cancelería metálica; puertas metálicas tipo persiana; y fijación de ventanería de aluminio anodizado.

La caseta contará con sistema de ventilación natural mediante rejillas y persianas metálicas, permitiendo disipación térmica adecuada para la operación del equipo generador. Asimismo, se instalará un nicho para extintor integrado al muro exterior de la construcción.

Como parte integral de la obra se construirá una fosa para tanque de combustible, conformada mediante elementos de concreto reforzado y confinamiento estructural. La fosa permitirá alojar de forma segura el tanque de diésel requerido para operación de emergencia.
Debido al manejo de combustible diésel, el diseño incorpora medidas preventivas para minimizar riesgos de contaminación ambiental, entre las que destacan:

- superficies impermeables;
- contención física del tanque;
- control de derrames accidentales;
- manejo controlado de lubricantes y combustibles;
- almacenamiento seguro de insumos;
- ventilación de áreas confinadas;
- instalación de equipo contra incendio.

Durante la construcción de esta infraestructura se desarrollarán actividades de excavación; habilitado de acero; colocación de cimbra; colado de concreto; construcción de muros; instalación de ductería; impermeabilización; instalación eléctrica; colocación de acabados;
Y montaje del equipo generador. Las actividades constructivas generarán de manera temporal emisiones de polvo, ruido y residuos de construcción.

II.2.4.1.7 Instalaciones hidráulicas y sanitarias

La infraestructura hidráulica y sanitaria estará asociada principalmente a la caseta de control, caseta de vigilancia y áreas auxiliares del Proyecto. Su función será garantizar el suministro de agua para servicios sanitarios, limpieza básica, atención de emergencias menores y operación ordinaria del personal de mantenimiento, así como conducir adecuadamente las aguas residuales de origen sanitario generadas en las instalaciones permanentes. (**Ver Anexo III. Planos Hidráulicos y planos Hidrosanitarios)**

a) Sistema hidráulico

El sistema hidráulico contemplará:

- cisterna con capacidad aproximada de **6,000 litros;**
- tinaco elevado con capacidad aproximada de **1,100 litros;**
- sistema de bombeo;
- red hidráulica interna;
- suministro a servicios sanitarios y áreas auxiliares.

La cisterna será destinada al almacenamiento de agua potable para abastecimiento de la caseta de control y áreas auxiliares. Será construida mediante concreto reforzado y desplantada sobre plantilla de concreto simple, contando con acceso hombre, nicho para bomba, escalones interiores, junta de colado perimetral y tapa de concreto reforzado.

Las dimensiones aproximadas para la cisterna corresponden a 2.30 m de longitud, 1.80 m de ancho y una profundidad útil cercana a 2.25 m, con capacidad aproximada de 6,000 litros.

El sistema de bombeo estará conformado por una bomba centrífuga anclada sobre base de concreto mediante pernos tipo Kwik Bolt marca Hilti o equivalente, con bombas de 0.50 HP, 115 V–60 Hz y de 0.25 HP, 115 V–60 Hz en distintas láminas

.

El almacenamiento elevado se realizará mediante un tinaco con capacidad aproximada de 1,100 litros, con protección contra rayos UV, instalado sobre una base estructural de block y concreto reforzado. La base del tinaco tendrá dimensiones aproximadas de 1.35 m × 1.35 m y contará con sistema de anclaje.

La red hidráulica interna será construida mediante tubería de cobre tipo “M” e incluirá válvulas, conexiones, accesorios hidráulicos, jarros de aire, válvula check con pichancha, válvulas de compuerta y válvulas de globo. Las líneas hidráulicas consideran diámetros aproximados de Ø13 mm, Ø19 mm y Ø32 mm.

El sistema abastecerá principalmente lavabo; W.C.; mingitorio; tarja; regadera; regadera lavaojos; y servicios sanitarios de las áreas auxiliares. La regadera lavaojos se instalará como elemento de seguridad para atención de emergencias menores durante actividades operativas y de mantenimiento.

b) Sistema sanitario

La instalación sanitaria incluirá: red de descarga sanitaria; registros de aguas negras; registro colector; bajantes pluviales; fosa séptica; pozo de absorción; tubería sanitaria; y ventilación sanitaria.
Las aguas residuales generadas serán exclusivamente de origen sanitario, sin contemplarse descargas industriales, aguas de proceso ni vertimientos derivados de actividades productivas.

La red sanitaria conducirá las descargas de los muebles sanitarios mediante tubería de PVC sanitario, con pendientes de conducción aproximadas de 1.5 % a 2 %, hasta el sistema de tratamiento y disposición integrado por fosa séptica y pozo de absorción.

La fosa séptica será construida mediante concreto reforzado y contará con cámara de sedimentación, tubería de entrada y salida, ventilación sanitaria, tapa de concreto y plantilla de concreto simple. El pozo de absorción estará conformado por muro de tabique ahuecado, relleno de piedra bola y plantilla de concreto, permitiendo la infiltración gradual del efluente tratado hacia el terreno natural.

Los registros sanitarios incluirán registro de aguas negras y registro colector, construidos con elementos de concreto y tabique, tapas de concreto y contramarcos metálicos, conforme a los detalles indicados en planos.

c) Sistema pluvial asociado

Las edificaciones contarán con bajantes pluviales de PVC conectadas a las cubiertas, con la finalidad de conducir el agua de lluvia hacia las áreas de drenaje superficial e infiltración del Proyecto. Estas bajantes evitarán escurrimientos directos sobre muros, cimentaciones y plataformas operativas.

Conforme a la infraestructura hidráulicos, hidrosanitarios y sanitarios, se emplearán los siguientes materiales y resistencias:

TABLA 12 MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS, HIDROSANITARIAS Y SANITARIAS.

Elemento	Material / Especificación	Resistencia
Cisterna	Concreto con impermeabilizante integral	f'c = 19.4 MPa (200 kg/cm²)
Registros	Concreto	
Plantilla de concreto	Concreto simple	f'c = 9.81 MPa (100 kg/cm²)
Acero de refuerzo	Acero corrugado	fy = 412 MPa (4,200 kg/cm²)
Tubería hidráulica	Cobre tipo "M"	Conforme a especificación de diseño
Tubería sanitaria	PVC sanitario	
Tubería de ventilación	PVC	
Líneas específicas	CPVC	

Los recubrimientos mínimos libres de concreto serán de 5 cm en fondo de cisterna; 3 cm en losa tapa, trabes, contratrabes y muros; 3 cm en registros y elementos menores. Las excavaciones se rellenarán con material seleccionado, compactado al 95 % del Peso Volumétrico Seco Máximo, conforme a prueba Proctor estándar.

La construcción de las instalaciones hidráulicas y sanitarias comprenderá:

- excavaciones menores;
- colocación de plantilla de concreto;
- habilitado y armado de acero;
- colado de cisterna, registros y estructuras sanitarias;
- instalación de tuberías hidráulicas y sanitarias;
- colocación de accesorios, válvulas y conexiones;
- instalación de bomba y tinaco;
- construcción de fosa séptica y pozo de absorción;
- relleno y compactación de zanjas;
- pruebas hidráulicas y sanitarias;
- limpieza final del área intervenida.

Durante la construcción se generarán emisiones temporales de polvo, residuos de excavación, ruido por operación de maquinaria menor y residuos de construcción. Para reducir dichos impactos se aplicarán medidas de control consistentes en riego periódico, almacenamiento ordenado de materiales, manejo

adecuado de residuos, delimitación de áreas de trabajo y supervisión de posibles fugas o derrames durante pruebas hidráulicas.

II.2.4.1.8 Barda perimetral

Se contempla la construcción de una barda perimetral para delimitación física, control de accesos y seguridad operativa de la subestación, con el objetivo de restringir el acceso no autorizado y reducir riesgos asociados a la operación de infraestructura eléctrica en 115 kV. (**Ver Anexo III. Planos de Barda perimetral)**

La barda perimetral se desarrollará alrededor del polígono operativo de la subestación y estará integrada por cimentaciones de concreto reforzado; pilas de cimentación; castillos estructurales; contratrabes de liga; dala de cerramiento; muros de block de concreto; elementos metálicos; portón de acceso principal; sistema de concertina y alambre de púas;
Y señalización preventiva y restrictiva.

La delimitación perimetral se integrará al arreglo operativo interno de vialidades y accesos de la subestación.

La barda será construida mediante módulos estructurales repetitivos compuestos por castillos, pilas de cimentación y paños de block de concreto. Los cuales contemplan distintas configuraciones constructivas para adaptarse a las condiciones topográficas del terreno:

- módulo en terreno sensiblemente plano;
- módulo en terreno con pendiente descendente o ascendente;
- módulo en terreno quebrado descendente o ascendente.

La altura aproximada del muro de block será de 2.00 m, complementándose con sistema superior de protección mediante alambre de púas y concertina. Los módulos de barda presentan separaciones aproximadas de **3.00 m** entre ejes estructurales y se integrarán mediante castillos y dalas de cerramiento de concreto reforzado.

La cimentación estará conformada por: pilas de cimentación de concreto reforzado; dados de cimentación; contratrabes de liga; y plantilla de concreto simple.

Las pilas de cimentación serán desplantadas sobre terreno firme libre de basura o materiales sueltos, utilizando plantilla de concreto simple con resistencia mínima de f'c = 100 kg/cm² y espesor aproximado de 5 cm.

Los elementos estructurales utilizarán concreto reforzado con las siguientes resistencias:

TABLA 13 MATERIALES Y RESISTENCIAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO.

Elemento estructural	Material	Resistencia
Cimentaciones	Concreto reforzado	f'c = 29.5 MPa (300 kg/cm²)
Contratrabes		
Trabes		
Columnas		
Castillos		f'c = 24.5 MPa (250 kg/cm²)
Dalas		
Muros		
Acero de refuerzo	Acero corrugado	fy = 4,200 kg/cm²

Los recubrimientos libres mínimos especificados serán:

- cimentaciones y trabes: 7.5 cm;
- contratrabes y dados: 5.0 cm;
- dalas y castillos: 2.0 cm.

Las excavaciones se rellenarán con material seleccionado proveniente de banco de préstamo o material producto de excavación apto para compactación, colocado en capas máximas de 20 cm y compactado al 95 % del P.V.S.M. conforme a prueba Proctor estándar.

Los paños de muro serán construidos con block hueco de concreto, fabricado industrialmente conforme a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012. Las especificaciones mecánicas son:

TABLA 14 ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOCK EMPLEADO EN LOS MUROS DEL PROYECTO.

Característica	Especificación
Dimensiones nominales	15 × 20 × 40 cm
Resistencia media a compresión (fp)	15 MPa (150 kg/cm²)
Resistencia de diseño (f'p)	9.8 MPa (100 kg/cm²)
Absorción inicial máxima	≤ 5 g/min
Absorción total a 24 horas	≤ 12 %

El mortero para pegado de piezas será tipo I, con resistencia mínima de **125 kg/cm²**. Las juntas tendrán espesor constante de **1 cm** y el aparejo será cuatrapeado.

Los muros contarán con castillos de confinamiento; dala de desplante; dala de cerramiento; refuerzo horizontal y vertical; juntas constructivas; y remates estructurales en cambios de dirección y vértices del predio. Asimismo, los bordes verticales deberán permanecer dentados para garantizar continuidad estructural entre módulos consecutivos.

a) Portón de acceso principal

El acceso principal contará con un portón metálico corredizo de alta seguridad integrado a la barda perimetral. (**Ver Anexo III. Plano de Barda perimetral portón de acceso)**

El portón estará conformado por: bastidor estructural metálico; perfiles tubulares; lámina y rejilla metálica; sistema corredizo; postes estructurales; cerradura y herrajes; y sistema de concertina superior. El acceso permitirá el ingreso controlado de vehículos operativos; maquinaria; grúas; plataformas de mantenimiento; y unidades de emergencia. Sobre el portón se instalará sistema de protección mediante concertina y alambre de púas galvanizado.

b) Sistema de seguridad perimetral

La barda incorporará elementos de seguridad física consistentes en concertina galvanizada; alambre de púas; postes metálicos; remates de seguridad; señalización preventiva y restrictiva. Se incluirán detalles para colocación de concertina sobre castillos; concertina sobre portón; alambre de púas galvanizado; y brazos inclinados de seguridad.

La señalización preventiva incluirá:

- letreros de “Instalación de Alta Seguridad”;
- letreros de “Cerca Electrificada”;
- señalización de acceso restringido;
- letreros de revisión vehicular;
- placa de identificación de la subestación.

c) Drenaje pluvial asociado

La barda perimetral incorporará huecos de descarga y desfogue pluvial para permitir el paso controlado de escurrimientos superficiales y evitar acumulaciones hidráulicas internas.

Los detalles constructivos contemplan huecos para drenaje pluvial; pasos de escurrimiento; descargas controladas; y protección de bases estructurales contra erosión.

Estas obras permitirán mantener continuidad hidráulica natural y reducir afectaciones por encharcamiento durante eventos de precipitación intensa.

Las actividades constructivas asociadas comprenderán:

- trazo y nivelación;
- excavación para pilas y cimentaciones;
- colocación de plantilla;
- habilitado y armado de acero;

- colocación de cimbra;
- colado de concreto;
- construcción de castillos y dalas;
- levantamiento de muros de block;
- instalación de elementos metálicos;
- colocación de portón;
- instalación de concertina y señalización;
- relleno y compactación;
- acabados finales.

El acabado del concreto será aparente y los elementos metálicos recibirán protección anticorrosiva y pintura conforme a especificaciones de obra.

Durante la construcción de la barda perimetral se generarán impactos temporales asociados a emisiones de polvo; ruido por maquinaria; excavaciones localizadas; generación de residuos de construcción; y tránsito interno de vehículos y equipo.

II.2.4.1.9 Alumbrado y sistemas auxiliares

La subestación contará con sistemas de alumbrado interior y exterior destinados a garantizar condiciones adecuadas de operación, seguridad, vigilancia y mantenimiento durante las actividades operativas y de supervisión de la infraestructura eléctrica. Asimismo, se instalarán sistemas dedicados de comunicación, teleprotección y monitoreo remoto para supervisión operativa e integración al Sistema Eléctrico Nacional. (**Ver Anexo III. Planos de alumbrado exterior y planos de aire acondicionado).**

a) Alumbrado exterior

El alumbrado exterior será distribuido estratégicamente en:

- patio de maniobras;
- accesos principales;
- vialidades internas;
- áreas operativas;
- plataformas de mantenimiento;
- zona de caseta de control;
- acceso principal y portón de vigilancia.

El sistema utilizará luminarios tipo *flood light LED* montados sobre estructuras mayores y postes metálicos distribuidos dentro del patio de maniobras. La altura de montaje de los luminarios sobre estructuras mayores será de aproximadamente 15 m sobre nivel de piso terminado.

Los luminarios estarán orientados para proporcionar cobertura uniforme sobre: bahías eléctricas; equipos primarios; barras y cuchillas; vialidades; zonas de circulación; y áreas de inspección y mantenimiento.

El sistema de alumbrado exterior incluirá luminarios LED de uso exterior; postes y estructuras metálicas; bases de concreto; ductería subterránea; registros eléctricos; circuitos de alimentación; y sistema de control y encendido.

Las trayectorias de las tuberías eléctricas serán definidas evitando interferencias con drenajes y cimentaciones existentes o proyectadas.

La ductería eléctrica enterrada será construida mediante: tubería PVC; tubería ahogada en concreto; tubería conduit galvanizada; y cruces de vialidades y estructuras.

Las canalizaciones eléctricas subterráneas serán instaladas con una profundidad aproximada de 30 cm respecto al nivel de piso terminado. En caso de requerirse empalmes eléctricos, se utilizarán cajas tipo PLEX conforme a las especificaciones del Proyecto.

Durante la construcción del sistema de alumbrado exterior se realizarán actividades de:

- excavación de zanjas;
- colocación de ductería;
- instalación de registros;
- colado de bases;
- montaje de postes y luminarios;
- tendido de conductores;
- pruebas eléctricas y energización.

c) Alumbrado interior

La caseta de control contará con sistema integral de alumbrado interior para garantizar condiciones adecuadas de operación continua, supervisión técnica y mantenimiento especializado de los equipos eléctricos y electrónicos.

El alumbrado interior atenderá principalmente: sala de tableros; área de teleprotección y comunicaciones; sala de baterías; oficina técnica; áreas auxiliares; pasillos de circulación; y servicios sanitarios.

Las luminarias serán distribuidas uniformemente sobre plafón y estructura de cubierta, proporcionando iluminación operativa para actividades permanentes de supervisión y mantenimiento.

El sistema interior incluirá:

- luminarias LED;
- apagadores;
- contactos eléctricos;
- tableros de alumbrado;
- alumbrado de emergencia;
- canalizaciones ocultas;
- circuitos independientes;

- sistema de puesta a tierra.

Las instalaciones eléctricas interiores serán canalizadas mediante tubería conduit galvanizada y PVC integrada en muros, losas y plafones.

d) Sistema de aire acondicionado y ventilación

Se instalarán unidades tipo minisplit distribuidas principalmente en: sala de tableros; cuarto de telecomunicaciones; oficinas; áreas técnicas; y sala de baterías.

Los equipos incluirán: unidades evaporadoras; condensadoras; drenajes de condensados; canalizaciones eléctricas; soportes metálicos; y alimentación eléctrica independiente.

Las unidades condensadoras serán instaladas sobre azotea y áreas exteriores conforme a la distribución arquitectónica y mecánicos. La cubierta contará con pendientes para conducción y desalojo de aguas pluviales.

e) Sistemas de comunicación y monitoreo remoto

Como parte de la infraestructura operativa de la subestación se instalarán sistemas dedicados de comunicación, teleprotección y monitoreo remoto para integración y supervisión del sistema eléctrico.

La infraestructura incluirá sistemas SCADA; teleprotección; cableado de control; redes de comunicación; ductos eléctricos; gabinetes de telecomunicaciones; sistemas de monitoreo remoto; y canalizaciones subterráneas.

Las canalizaciones permitirán la interconexión entre: caseta de control; patio de maniobras; equipos primarios; servicios auxiliares; alumbrado exterior; planta diésel de emergencia; y sistema de tierras.

La operación remota permitirá disminuir recorridos frecuentes de supervisión y optimizar el monitoreo permanente de la infraestructura eléctrica.

Las actividades constructivas asociadas a los sistemas eléctricos, alumbrado y comunicación generarán impactos temporales relacionados principalmente con:

- excavaciones menores;
- generación de polvo;
- ruido por herramientas y maquinaria;
- residuos de cableado y materiales eléctricos;
- tránsito interno de personal y vehículos.

II.2.4.2 Obras de transformación de energía eléctrica

II.2.4.2.1 Numero de transformadores

La subestación opera principalmente como infraestructura de maniobra e interconexión en 115 kV. Se considera la instalación de transformadores de instrumento y transformadores asociados a servicios auxiliares y sistemas de protección y medición.

TABLA 15 NÚMERO DE TRANSFORMADORES DENTRO DEL PROYECTO

Equipo	Cantidad
Transformadores de corriente (TC's)	9 piezas
Transformadores de potencial (TP's)	10 piezas
Transformadores reductores para servicios auxiliares	3 piezas

II.2.4.2.2 Número de fases y capacidad

La infraestructura eléctrica proyectada operará en sistema trifásico en 115 kV, conforme a los criterios técnicos aplicables a instalaciones de transmisión eléctrica de CFE.

La configuración eléctrica considera una disposición de doble barra con bahía de transferencia–amarre, permitiendo: flexibilidad operativa; continuidad del servicio; mantenimiento programado; aislamiento de fallas; y operación segura de maniobras eléctricas.

La infraestructura estará integrada por interruptores de potencia tipo tanque vivo; cuchillas seccionadoras; barras colectoras; transformadores de instrumento; estructuras metálicas; y sistemas de protección y control.

Los interruptores de potencia utilizarán tecnología de aislamiento en gas SF6, reduciendo riesgos asociados al uso de grandes volúmenes de aceite dieléctrico y disminuyendo potenciales afectaciones al suelo derivadas de fugas o derrames accidentales.

II.2.4.2.3 Número de alimentadores

La configuración eléctrica contempla alimentadores asociados a la apertura e interconexión de la Línea de Transmisión LRA 73110 CMO en 115 kV.

El esquema operativo incluirá:

- bahías de línea;
- barras colectoras;
- cuchillas de operación;
- interruptores de maniobra;

- conexiones hacia sistemas auxiliares;
- sistemas de protección y monitoreo.

La disposición de los alimentadores permitirá realizar transferencia de carga; maniobras operativas; mantenimiento de equipos; aislamiento de secciones energizadas; y continuidad operativa del sistema eléctrico.

La distribución y arreglo definitivo de alimentadores se encuentra indicado en el Diagrama Unifilar y Plano General de Disposición de Equipos. (**Ver Anexo III. Diagrama unifilar)**

II.2.4.3 Obras de transmisión de energía eléctrica

II.2.4.3.1 Capacidad de transmisión de las líneas (voltaje) y número de circuito

La infraestructura de transmisión asociada al Proyecto operará en un nivel de tensión de **115 kV**, correspondiente a la Línea de Transmisión LRA 73110 CMO. La interconexión será realizada mediante un esquema de apertura de línea hacia la Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul, permitiendo integrar operativamente el sistema de barras y bahías proyectadas. (**Ver Anexo III. Diagrama unifilar)**

La configuración eléctrica permitirá maniobras operativas; continuidad del servicio; aislamiento de fallas; mantenimiento programado; y transferencia operativa entre barras.

II.2.4.3.2 Longitud de la línea y ancho del derecho de vía

El Proyecto no contempla la construcción de una nueva línea de transmisión de gran longitud, sino la apertura e interconexión de la línea existente LT LRA 73110 CMO en 115 kV hacia la subestación proyectada.

La Subestación de Maniobras se localizará contigua al punto de apertura de la línea existente, conforme a los criterios técnicos y de separación establecidos para instalaciones eléctricas de transmisión en 115 kV.

Las actividades de interconexión se desarrollarán principalmente dentro del área del Proyecto y en el entorno inmediato del derecho de vía existente, evitando la apertura de nuevos corredores regionales de transmisión.
El ancho definitivo del derecho de vía corresponde a la infraestructura eléctrica existente y no contempla ampliaciones significativas derivadas del Proyecto.

II.2.4.3.3 Tipo de cable conductor, cable de guarda y aisladores

La interconexión eléctrica considerará la instalación de:

- conductores eléctricos;

- cableado de conexión;
- aisladores;
- herrajes;
- accesorios electromecánicos;
- conexiones hacia bahías y barras.

Los conductores y accesorios serán seleccionados conforme a las especificaciones técnicas aplicables para infraestructura de transmisión en 115 kV y criterios constructivos de CFE Transmisión.
Asimismo, se instalarán cadenas de aisladores y herrajes metálicos asociados a estructuras metálicas; cuchillas; barras colectoras; conexiones de línea; y equipos primarios.
Los aisladores estarán destinados a garantizar aislamiento eléctrico, separación dieléctrica y estabilidad mecánica durante la operación de la infraestructura.

II.2.4.3.4 Número aproximado de estructuras de soporte y tipos

Las obras de transmisión asociadas al Proyecto contemplan estructuras metálicas de soporte requeridas para la interconexión de la línea existente con las bahías y barras de la subestación.
Las estructuras corresponderán principalmente a pórticos metálicos; soportes para equipos eléctricos; estructuras para barras y conexiones; y estructuras de remate y conexión.

Las cimentaciones de dichas estructuras serán construidas mediante concreto armado conforme a las especificaciones estructurales del Proyecto. (**Ver Anexo III. Plano de estructuras mayores y plano de cimentaciones)**

II.2.4.3.5 Patios para tendido de cable

Durante las actividades de montaje electromecánico podrán habilitarse áreas temporales dentro del propio predio para almacenamiento, maniobra y tendido controlado de conductores y accesorios eléctricos.

Estas áreas serán localizadas exclusivamente dentro de la superficie autorizada del Proyecto y serán utilizadas temporalmente durante almacenamiento de cable; maniobras de tendido; preparación de herrajes; y organización de conexiones electromecánicas.

Las áreas temporales contarán con delimitación física; control operativo; almacenamiento ordenado; y manejo adecuado de residuos.
Una vez concluidas las actividades de instalación y pruebas eléctricas, dichas áreas serán desocupadas y reincorporadas a las condiciones operativas finales del Proyecto.

II.2.4.4 Manejo ambiental durante la construcción

Las principales actividades susceptibles de generar impactos ambientales durante la etapa constructiva corresponden a:

- generación temporal de polvo y emisiones por maquinaria;
- emisión de ruido;
- remoción de vegetación secundaria;
- generación de residuos de construcción;
- riesgo de derrames accidentales de combustibles y lubricantes;
- modificación temporal de las condiciones superficiales del terreno.

Para minimizar dichos impactos se implementarán medidas tales como:

- riego periódico de superficies;
- delimitación de áreas de trabajo;
- control y manejo integral de residuos;
- almacenamiento temporal controlado;
- uso controlado de maquinaria;
- mantenimiento preventivo de equipos;
- control de derrames;
- estabilización de taludes;
- manejo adecuado de escurrimientos pluviales;
- reutilización interna de materiales producto de cortes y excavaciones;
- retiro oportuno de residuos y materiales sobrantes;
- restauración y limpieza de áreas intervenidas al concluir las obras.

Debido a la naturaleza compacta del Proyecto y a la aplicación de medidas de control ambiental, no se prevén impactos ambientales permanentes de magnitud significativa durante la etapa constructiva.

II.2.4.4.1 Manejo de la vegetación dentro del derecho de vía

Las actividades de manejo de vegetación estarán limitadas exclusivamente a las áreas requeridas para la interconexión operativa y maniobras asociadas a la apertura de la línea de transmisión existente.

El retiro de vegetación se realizará mediante procedimientos manuales y mecánicos controlados, evitando afectaciones fuera de las áreas autorizadas. La intervención considerará principalmente: vegetación secundaria; herbáceas; arbustos;
material vegetal superficial.

No se contempla la apertura de nuevos corredores extensivos de transmisión ni ampliaciones regionales del derecho de vía existente. Las actividades incluirán:

- corte selectivo;

- retiro de material vegetal;
- manejo controlado de residuos vegetales;
- protección de áreas no autorizadas;
- control de erosión superficial.

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

Una vez concluidas las etapas de preparación del sitio, construcción, montaje electromecánico, pruebas preoperativas y puesta en servicio, la "Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul" iniciará operaciones como infraestructura estratégica de transmisión eléctrica en 115 kV, destinada a la apertura e interconexión de la Línea de Transmisión LRA 73110 CMO, permitiendo incrementar la confiabilidad, flexibilidad operativa y continuidad del Sistema Eléctrico Nacional en la región. La operación de la subestación será predominantemente automatizada y supervisada mediante sistemas remotos de control, protección, comunicación y teleprotección enlazados a los centros de operación de CFE Transmisión.

Debido a la naturaleza del Proyecto, no se desarrollarán procesos industriales, actividades de transformación química, generación continua de emisiones atmosféricas, descargas industriales ni consumo elevado de recursos naturales.

Las actividades operativas estarán enfocadas principalmente en:

- operación y maniobra de circuitos eléctricos;
- supervisión remota de parámetros eléctricos;
- monitoreo permanente de equipos;
- mantenimiento preventivo y correctivo;
- inspección de infraestructura electromecánica;
- conservación de instalaciones;
- seguridad operativa y control de accesos;
- verificación de sistemas de protección y comunicación;
- conservación de caminos interiores y áreas operativas.

Durante la operación no se prevé la presencia permanente de gran cantidad de personal, debido a que la infraestructura funcionará principalmente mediante automatización y monitoreo remoto, requiriéndose únicamente visitas programadas de personal técnico especializado para actividades de inspección, mantenimiento y pruebas operativas.

II.2.5.1 Descripción general del tipo de servicios

La subestación brindará servicios asociados a la maniobra, control, protección e interconexión de infraestructura de transmisión eléctrica en 115 kV, formando parte de las instalaciones operativas del Sistema Eléctrico Nacional.

Su función principal consistirá en efectuar la apertura e interconexión de la Línea de Transmisión LRA 73110 CMO en 115 kV mediante una configuración de doble barra con bahía de transferencia–amarre, permitiendo desarrollar maniobras operativas sin afectar la continuidad del servicio eléctrico.

Entre las principales funciones operativas de la subestación se encuentran:

- recepción y conducción de energía eléctrica;
- maniobras de apertura y cierre de circuitos;
- transferencia de carga entre barras;
- aislamiento de fallas eléctricas;
- seccionamiento de líneas;
- supervisión operativa remota;
- protección automática de circuitos;
- monitoreo de parámetros eléctricos;
- integración de señales de teleprotección y comunicación;
- respaldo operativo mediante servicios auxiliares.

La infraestructura operará mediante equipos electromecánicos y sistemas electrónicos instalados principalmente en patio de maniobras; bahías de línea; barras colectoras; interruptores de potencia;cuchillas seccionadoras; caseta de control; sala de tableros; sistemas de telecomunicación; sistemas auxiliares; y planta diésel de emergencia.

Las actividades rutinarias de operación comprenderán:

- supervisión continua de variables eléctricas;
- verificación del estado operativo de interruptores y cuchillas;
- monitoreo de alarmas;
- revisión de sistemas de protección;
- pruebas funcionales programadas;
- inspección visual de estructuras y equipos;
- revisión de sistemas de comunicación;
- control de accesos y seguridad.

Debido a que la subestación corresponde a infraestructura de maniobra, durante su operación no se prevén procesos productivos que impliquen consumo intensivo de materias primas, generación permanente de emisiones contaminantes o producción significativa de residuos peligrosos.

II.2.5.2 Tecnologías relacionadas con emisión y control de residuos líquidos, sólidos o gaseosos

La infraestructura eléctrica será operada mediante tecnología especializada para sistemas de transmisión eléctrica en 115 kV, incorporando equipos y sistemas diseñados para garantizar seguridad operativa, continuidad del servicio y reducción de riesgos ambientales.

Entre las principales tecnologías y sistemas considerados se encuentran:

- interruptores de potencia con aislamiento en gas SF6;
- cuchillas seccionadoras;
- sistemas digitales de protección y control;
- sistemas SCADA y monitoreo remoto;
- sistemas de teleprotección;
- servicios auxiliares eléctricos;
- planta diésel de emergencia;
- alumbrado interior y exterior tipo LED;
- sistema integral de tierras;
- drenaje pluvial superficial;
- ductería y canalizaciones subterráneas;
- sistema hidrosanitario para servicios sanitarios;
- superficies gravadas en patio de maniobras.

Los interruptores de potencia aislados en gas SF6 permiten reducir riesgos asociados al uso de grandes volúmenes de aceites dieléctricos presentes en tecnologías convencionales, disminuyendo potenciales afectaciones al suelo derivadas de fugas o derrames accidentales.

El patio de maniobras contará con acabado gravado, permitiendo infiltración natural de agua pluvial; reducción de escurrimientos superficiales; disminución de erosión; menor impermeabilización del terreno y disipación superficial de energía.

La caseta de control contará con sistemas de aire acondicionado y ventilación mecánica destinados a mantener condiciones térmicas adecuadas para la operación continua de: tableros eléctricos; equipos electrónicos; sistemas de comunicación; teleprotección; baterías; y sistemas auxiliares.

Respecto al manejo de aguas residuales, únicamente se generarán descargas sanitarias derivadas del uso ocasional de servicios sanitarios por parte del personal operativo y de mantenimiento.

La infraestructura sanitaria incluirá:

- red sanitaria interior;
- registros;
- bajadas pluviales;
- fosa séptica;

- pozo de absorción;
- cisterna;
- sistema hidráulico auxiliar.

No se generarán aguas residuales industriales, aguas de proceso ni descargas contaminantes derivadas de procesos productivos. En materia de emisiones atmosféricas, las fuentes potenciales estarán limitadas principalmente a operación eventual de planta diésel de emergencia, circulación esporádica de vehículos de mantenimiento y actividades ocasionales de limpieza y conservación.

La planta diésel operará únicamente en situaciones de respaldo operativo, pérdida de energía auxiliar o pruebas programadas, por lo que las emisiones atmosféricas asociadas serán mínimas y de carácter intermitente.

Los residuos generados durante la operación corresponderán principalmente a:

- residuos sólidos urbanos;
- empaques;
- residuos de limpieza;
- componentes eléctricos sustituidos;
- luminarias;
- residuos metálicos menores;
- estopas impregnadas;
- envases vacíos;
- filtros y lubricantes derivados de mantenimiento.

Los residuos serán separados, almacenados temporalmente y manejados conforme a la normatividad ambiental aplicable. Los residuos peligrosos que eventualmente se generen durante actividades de mantenimiento serán almacenados temporalmente en contenedores identificados y entregados a empresas autorizadas para su transporte y disposición final.

II.2.5.3 Tipo de reparaciones a sistemas, equipos e infraestructura

Las actividades de mantenimiento estarán orientadas a garantizar la continuidad operativa, confiabilidad, seguridad eléctrica y vida útil de la infraestructura electromecánica y civil de la subestación. El mantenimiento será desarrollado mediante programas preventivos, predictivos y correctivos conforme a los criterios técnicos aplicables a instalaciones de transmisión eléctrica de CFE. En la siguiente Tabla se presentan las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo en distintos equipos e infraestructura del Proyecto:

TABLA 16 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO EN EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO

Actividades de mantenimiento	Equipos e infraestructura sujetos a mantenimiento	Tipo de reparaciones y acciones correctivas
• Inspección visual y técnica de equipos. •Limpieza de componentes eléctricos. • Calibración de sistemas. • Pruebas funcionales. • Mantenimiento preventivo. • Mantenimiento correctivo. • Ajuste de conexiones. • Sustitución de componentes deteriorados. • Revisión de sistemas auxiliares. • Mantenimiento de estructuras metálicas. • Revisión de sistemas de tierras. • Conservación de vialidades y drenajes.	• Interruptores de potencia. • Cuchillas seccionadoras. • Barras colectoras. •Transformadores de instrumento. • Sistemas de protección. • Sistemas de control. • Teleprotección. • Sistemas de comunicación. •Alumbrado interior y exterior. • Aire acondicionado. • Planta diésel de emergencia. •Sistemas hidráulicos y sanitarios. • Sistema de tierras. • Estructuras metálicas. • Canalizaciones eléctricas.	• Sustitución de aisladores. • Cambio de herrajes. • Reparación de conexiones. • Mantenimiento de tableros. • Revisión y sustitución de cableado. • Reposición de luminarias. • Mantenimiento de bombas y equipos auxiliares. •Reparación menor de obra civil. •Mantenimiento de impermeabilización. • Rehabilitación de acabados. •Limpieza y desazolve de drenajes. • Mantenimiento de fosa séptica y pozo de absorción.

Las actividades de mantenimiento serán realizadas por personal técnico especializado utilizando herramientas, vehículos y equipos menores de servicio.

En caso de generarse residuos peligrosos derivados de mantenimiento, tales como: aceites usados; filtros; solventes; envases contaminados; estopas impregnadas; baterías; componentes eléctricos; éstos serán manejados conforme a la legislación ambiental aplicable en materia de residuos peligrosos. No se contempla la instalación de talleres industriales permanentes ni actividades de reparación mayor dentro del predio.

II.2.5.4 Control de maleza y fauna nociva

Durante la etapa operativa se realizarán actividades periódicas de conservación y limpieza de las áreas operativas, caminos interiores y zonas asociadas a equipos eléctricos, con la finalidad de mantener condiciones adecuadas de seguridad, accesibilidad y funcionamiento de la infraestructura.

El control de vegetación se desarrollará principalmente mediante:

- deshierbe manual;
- poda selectiva;
- retiro de vegetación herbácea;
- limpieza de áreas gravadas;
- conservación de vialidades internas;
- mantenimiento de áreas libres y taludes.

Estas actividades estarán enfocadas exclusivamente en mantener libres de vegetación las áreas necesarias para: circulación segura; acceso a equipos; inspección técnica; prevención de incendios; operación del sistema eléctrico.

No se contempla el desmonte permanente de nuevas superficies ni ampliaciones del área intervenida durante la etapa operativa.

En caso de requerirse control químico específico para maleza, éste se realizará únicamente de forma localizada y mediante productos autorizados, evitando afectaciones al suelo, vegetación circundante, cuerpos de agua, fauna silvestre, y personal operativo.

Respecto al control de fauna nociva, podrán implementarse medidas preventivas y correctivas para evitar presencia de organismos que pudieran afectar el cableado, equipos eléctricos, instalaciones hidrosanitarias, áreas operativas y/o almacenamiento temporal de residuos.

Las acciones de control contemplarán, limpieza periódica, manejo adecuado de residuos, eliminación de sitios de refugio, sellado de accesos, monitoreo preventivo y control sanitario básico. No se contempla captura masiva, afectación deliberada o eliminación de fauna silvestre fuera de las medidas estrictamente necesarias para seguridad operativa y sanitaria de las instalaciones.

II.2.6 Descripción de obras asociadas al Proyecto

Como parte complementaria para la correcta operación de la "**Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul**", el Proyecto contempla diversas obras asociadas de carácter permanente y auxiliar, necesarias para garantizar la funcionalidad operativa, accesibilidad, seguridad y continuidad del sistema eléctrico en 115 kV.

Las obras asociadas corresponden principalmente a infraestructura civil, electromecánica y de servicios auxiliares vinculada directamente con la operación de la subestación y la interconexión de la Línea de Transmisión LRA 73110 CMO.

Todas las obras asociadas se desarrollarán dentro del polígono autorizado del Proyecto o en el entorno inmediato de conexión con la infraestructura eléctrica existente, evitando la apertura de nuevos corredores regionales o afectaciones adicionales fuera del área previamente considerada para el desarrollo del Proyecto.

Las principales obras asociadas corresponden a:

- accesos y caminos interiores;
- obras de interconexión eléctrica;
- canalizaciones eléctricas;

- sistemas auxiliares;
- caseta de control;
- caseta de vigilancia;
- planta diésel de emergencia;
- drenaje pluvial;
- sistemas hidráulicos y sanitarios;
- alumbrado exterior;
- sistemas de comunicación y monitoreo remoto;
- barda perimetral;
- sistemas de tierras;
- áreas operativas y de mantenimiento.

Durante su construcción se generarán impactos temporales asociados principalmente a: movimiento de maquinaria; excavaciones; generación de polvo; ruido; tránsito de vehículos; residuos de construcción; remoción localizada de vegetación secundaria; y compactación superficial del terreno.

Para reducir dichos efectos se implementarán medidas consistentes en:

- delimitación física de áreas de trabajo;
- riego periódico para control de polvo;
- manejo integral de residuos;
- control de escurrimientos;
- aprovechamiento de áreas previamente intervenidas;
- reutilización de material producto de excavación;
- almacenamiento ordenado de materiales;
- supervisión ambiental durante la construcción.

II.2.6.1 Caminos de acceso y vialidades interiores

El acceso principal al Proyecto se realizará mediante la Carretera Federal 180, tramo Campeche–Champotón, así como a través de caminos existentes de terracería que comunican con el predio denominado Punta del Morro.
Como parte de las obras asociadas se habilitarán vialidades internas y accesos operativos para circulación de personal técnico; vehículos de mantenimiento; maquinaria; grúas; equipos electromecánicos; y unidades de supervisión.

Las vialidades interiores serán construidas mediante: conformación de terracerías; compactación de subrasante; material pétreo compactado; superficies de concreto en zonas operativas; y acabado gravado en patio de maniobras. El diseño de las vialidades permitirá el acceso seguro hacia bahías; caseta de control; planta diésel; áreas operativas; estructuras metálicas; y zonas de mantenimiento.

Las pendientes y niveles de circulación serán compatibles con la topografía natural del sitio y con los niveles de desplante de la infraestructura eléctrica. Las afectaciones ambientales asociadas corresponden principalmente a:

- remoción localizada de vegetación secundaria;
- generación temporal de polvo;
- compactación superficial del terreno;
- movimiento de maquinaria.

II.2.6.2 Señalamiento operativo y de seguridad

Como parte de las obras asociadas se instalará señalamiento preventivo, restrictivo e informativo dentro del predio, orientado a reforzar las condiciones de seguridad operativa de la subestación.

El señalamiento incluirá principalmente:

- identificación de áreas restringidas;
- rutas de circulación;
- advertencias de alta tensión;
- límites de velocidad;
- accesos autorizados;
- zonas de maniobra;
- rutas de evacuación;
- áreas de seguridad.

Los señalamientos serán colocados principalmente en accesos; vialidades internas; caseta de control; patio de maniobras; y áreas operativas. La instalación del señalamiento no generará impactos ambientales relevantes debido a sus dimensiones reducidas y carácter puntual.

FIGURA 3 SEÑALAMIENTO OPERATIVO DE SEGURIDAD





II.2.6.3 Obras auxiliares de drenaje superficial

Como apoyo al funcionamiento de las vialidades y áreas operativas, se habilitarán obras menores de drenaje superficial para conducción de escurrimientos pluviales.
Estas obras consistirán principalmente en:

- cunetas;
- pendientes dirigidas;
- áreas de infiltración;
- conducción superficial de escurrimientos.

El diseño aprovechará las condiciones naturales de infiltración del terreno calcáreo predominante en el sitio, reduciendo procesos erosivos y acumulación de agua en vialidades y plataformas operativas.

II.2.6.4 Canalizaciones auxiliares y obras menores de apoyo

El Proyecto contempla canalizaciones auxiliares subterráneas y registros para interconexión de alumbrado exterior; sistemas de comunicación; monitoreo remoto; servicios auxiliares; y canalizaciones eléctricas secundarias.

Estas obras serán desarrolladas mediante excavaciones menores y colocación de ductería subterránea dentro del área previamente intervenida del Proyecto. Debido a sus dimensiones reducidas y carácter localizado, no se prevé generación de impactos ambientales significativos asociados a estas obras complementarias.

II.2.7 Etapa de abandono del sitio

Actualmente no se contempla el abandono de la "**Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul**", debido a que la infraestructura proyectada forma parte del sistema estratégico de transmisión eléctrica asociado al Sistema Eléctrico Nacional, por lo que se prevé una operación continua y de largo plazo, superior a **30 años**, conforme a las necesidades operativas y de confiabilidad de la red eléctrica.

La naturaleza operativa del Proyecto corresponde a infraestructura eléctrica destinada a garantizar continuidad, maniobra e interconexión de líneas de transmisión en 115 kV, razón por la cual no se prevé un programa específico de abandono dentro del horizonte actual de operación.

No obstante, en caso de que en el futuro se determine el retiro definitivo, sustitución tecnológica, reubicación o desmantelamiento parcial o total de las instalaciones, se implementarán las medidas técnicas, ambientales y de seguridad que resulten aplicables conforme a la normatividad ambiental vigente al momento de su ejecución.

Las actividades de abandono o desmantelamiento podrían incluir de manera enunciativa mas no limitativa:

- desenergización de instalaciones;
- retiro de equipos eléctricos;
- desmontaje de estructuras metálicas;
- retiro de conductores y herrajes;
- desmantelamiento de casetas y obras auxiliares;
- excavación y retiro de cimentaciones;
- retiro de canalizaciones y servicios auxiliares;
- manejo y disposición de residuos;
- restauración superficial del terreno.

En caso de ejecutarse un abandono definitivo, se priorizará: el manejo integral de residuos; la disposición adecuada de materiales; el reciclaje de componentes metálicos; la prevención de contaminación del suelo; la estabilización de áreas intervenidas; el control de erosión; y, en su caso, la rehabilitación ambiental del sitio.

Los residuos de manejo especial o peligrosos que pudieran derivarse del retiro de equipos, aceites, componentes eléctricos, cables, luminarias, baterías o materiales contaminados, serán manejados conforme a la legislación ambiental aplicable vigente al momento del abandono.

Asimismo, previo a cualquier actividad de desmantelamiento, se elaborarán los programas específicos de seguridad, manejo ambiental y restauración que correspondan conforme a las condiciones operativas y regulatorias existentes en ese momento.

II.2.8 Utilización de explosivos

El Proyecto no contempla la utilización de explosivos durante ninguna de sus etapas. Las actividades de excavación, nivelación, conformación de plataformas, cortes y cimentaciones serán realizadas mediante procedimientos mecánicos convencionales utilizando maquinaria y equipo de construcción, tales como excavadoras, retroexcavadoras, tractores de orugas, motoconformadoras y equipo de compactación.

Debido a las características topográficas del sitio y a la naturaleza de las obras proyectadas, no se prevé la necesidad de efectuar voladuras, fracturamiento controlado de roca o cualquier otra actividad que requiera el empleo de materiales explosivos. En consecuencia, el Proyecto no requerirá almacenamiento, transporte, manejo ni permisos asociados al uso de explosivos.

II.2.9 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmosfera

Durante las distintas etapas del Proyecto se generarán residuos sólidos, líquidos, emisiones atmosféricas y ruido derivados principalmente de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura eléctrica.
Debido a la naturaleza del Proyecto, no se contemplan procesos industriales, actividades de transformación química ni generación permanente de contaminantes de alta peligrosidad. No obstante, se implementarán medidas preventivas y de manejo ambiental orientadas a minimizar afectaciones al suelo, aire, agua y entorno circundante.
Los residuos generados serán clasificados y manejados conforme a su naturaleza, características físicas y peligrosidad, aplicando criterios de separación, almacenamiento temporal, reutilización, reciclaje y disposición final conforme a la normatividad ambiental aplicable.

II.2.9.1 Residuos sólidos y líquidos durante la preparación del sitio y construcción

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se generarán principalmente residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos vegetales y cantidades menores de residuos peligrosos asociados al mantenimiento eventual de maquinaria y manejo de sustancias auxiliares.

TABLA 17 RESIDUOS GENERADOS DURANTE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

Tipo de residuo	Clasificación	Etapa de generación	Características	Manejo y disposición
Material vegetal producto de desmonte y despalme	Sólido orgánico no peligroso	Preparación del sitio	Hojarasca, ramas, vegetación herbácea y arbustiva	Reutilización parcial para arrope de taludes y estabilización superficial. Excedentes enviados a sitio autorizado
Suelo orgánico y material pétreo	Residuo de manejo especial	Terracerías y excavaciones	Material calcáreo y suelo superficial	Reutilización interna para rellenos, plataformas y nivelación
Residuos de construcción	Sólido inorgánico no peligroso	Construcción	Block, concreto, varilla, madera, empaques y sobrantes	Separación y acopio temporal. Material reciclable enviado a reciclaje autorizado
Cartón, plástico y empaques	Sólido reciclable no peligroso	Construcción	Material de embalaje de equipos y materiales	Separación y entrega a recicladoras autorizadas
Residuos domésticos del personal	Sólido urbano no peligroso	Todas las etapas constructivas	Restos de alimentos, envases y residuos comunes	Recolección en contenedores y disposición mediante servicio municipal.
Aguas residuales sanitarias	Residuo líquido no peligroso	Construcción	Aguas sanitarias provenientes de sanitarios portátiles	Manejo mediante empresa autorizada para limpieza y disposición
Aceites lubricantes usados	Residuo peligroso	Mantenimiento eventual de maquinaria	Inflamable y contaminante	Almacenamiento temporal en recipientes herméticos y entrega a empresa autorizada
Estopas, filtros y envases contaminados	Residuo peligroso	Mantenimiento eventual	Material impregnado con grasas o hidrocarburos	Manejo conforme a legislación de residuos peligrosos

II.2.9.2 Residuos peligrosos

La generación de residuos peligrosos será mínima y estará asociada principalmente a mantenimiento menor de maquinaria, operación eventual de planta diésel de emergencia y sustitución de componentes durante mantenimiento especializado.

TABLA 18 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Residuo peligroso	Etapa	Características CRETIB	Envase o contenedor	Almacenamiento temporal	Transporte y disposición final
Aceite lubricante usado	Construcción y mantenimiento	Inflamable / tóxico	Tambos metálicos o recipientes herméticos etiquetados	Área de almacenamiento temporal de residuos peligrosos	Empresa autorizada para transporte y disposición final
Estopas impregnadas	Construcción y mantenimiento	Inflamable	Contenedores metálicos cerrados		
Filtros contaminados	Mantenimiento	Inflamable	Recipientes cerrados etiquetados		
Envases vacíos contaminados	Construcción y mantenimiento	Inflamable	Contenedores plásticos o metálicos		
Baterías y componentes eléctricos sustituidos	Operación y mantenimiento	Corrosivo / tóxico	Contenedores específicos		

El almacenamiento temporal de residuos peligrosos se realizará dentro de un área delimitada, techada y con superficie impermeable, evitando contacto directo con el suelo natural y reduciendo riesgos de dispersión por escurrimientos pluviales.

II.2.9.3 Emisiones a la atmósfera

Las emisiones atmosféricas asociadas al Proyecto serán principalmente temporales y estarán relacionadas con actividades constructivas, tránsito de maquinaria y operación eventual de la planta diésel de emergencia.

a) Fuentes móviles

Las principales fuentes móviles corresponderán a:

- excavadoras;
- retroexcavadoras;
- tractores;
- motoconformadoras;

- camiones de volteo;
- grúas;
- vehículos de supervisión.

Las emisiones generadas corresponderán principalmente a gases de combustión; material particulado; polvo fugitivo; y emisiones de motores diésel.

b) Fuentes fijas

Las fuentes fijas corresponderán principalmente a:

- planta diésel de emergencia;
- actividades temporales de soldadura;
- operación eventual de equipos auxiliares.

La planta diésel operará únicamente en pruebas programadas, contingencias y como respaldo de servicios auxiliares. Por lo anterior, las emisiones serán de carácter eventual e intermitente.

No se prevén emisiones atmosféricas permanentes de gran magnitud debido a la naturaleza no industrial del Proyecto.

TABLA 19 EMISIONES ATMOSFÉRICAS ESTIMADAS

Fuente	Tipo de emisión	Duración	Medidas de control
Movimiento de maquinaria	Material particulado (PM) y gases de combustión	Temporal durante construcción	Riego periódico y mantenimiento de maquinaria
Tránsito de vehículos	Polvo fugitivo	Temporal	Humectación de caminos y control de velocidad
Planta diésel de emergencia	Gases de combustión	Eventual	Mantenimiento preventivo y operación intermitente
Soldadura y corte	Humos metálicos	Puntual y temporal	Uso controlado y equipo especializado

II.2.9.4 Generación de ruido

Las principales fuentes generadoras de ruido corresponderán a:

- maquinaria pesada;
- camiones;
- compactadores;
- grúas;
- equipos electromecánicos;
- planta diésel de emergencia.

Durante la construcción, los niveles de ruido serán temporales y estarán asociados principalmente a actividades diurnas de movimiento de tierras, excavaciones, compactación y montaje electromecánico.

Debido a la ubicación del Proyecto y al carácter intermitente de las fuentes generadoras, no se prevén impactos significativos por ruido hacia centros de población o zonas urbanas.

TABLA 20 FUENTES DE RUIDO Y MEDIDAS DE CONTROL

Fuente generadora	Intensidad estimada	Duración	Medidas de control
Maquinaria pesada	70–90 dB	Temporal durante construcción	Mantenimiento preventivo y horarios diurnos
Camiones y grúas	70–85 dB	Intermitente	Control de velocidad y operación programada
Equipos de compactación	80–90 dB	Temporal	Supervisión operativa y mantenimiento
Planta diésel de emergencia	75–85 dB	Eventual	Operación esporádica y aislamiento parcial

II.2.10 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

El Proyecto contará con infraestructura temporal y permanente para el manejo adecuado de los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, con la finalidad de evitar dispersión de materiales, contaminación del suelo y riesgos ambientales asociados al manejo inadecuado de residuos sólidos, líquidos o peligrosos.

Las áreas destinadas al manejo de residuos se localizarán dentro del polígono autorizado del Proyecto y estarán asociadas principalmente a las áreas operativas, frentes de trabajo, caseta de control y zonas auxiliares.

a) Infraestructura interna para manejo de residuos

Durante la etapa de construcción se habilitará un Área Temporal de Almacenamiento de Residuos, destinada al acopio controlado y separación de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos de generación eventual, la cual contará con delimitación física; superficie impermeable; cubierta o techumbre ligera; contenedores identificados; separación por tipo de residuo; control de escurrimientos; y señalamiento preventivo.
Los residuos sólidos urbanos serán almacenados temporalmente en recipientes con tapa distribuidos en oficinas provisionales; comedor; áreas de trabajo; caseta de control; y áreas operativas.

Los residuos reciclables, tales como cartón; plástico; madera; empaques; y chatarra metálica;
serán separados desde su generación para facilitar su valorización y reciclaje.

Los residuos peligrosos de generación eventual, como aceites usados; estopas impregnadas; filtros; envases contaminados; lubricantes; y baterías, serán almacenados temporalmente en recipientes herméticos etiquetados dentro del almacén, evitando contacto directo con el suelo y exposición a lluvia o escurrimientos.

Durante la operación del Proyecto, los residuos generados serán considerablemente menores y estarán asociados principalmente a actividades de mantenimiento especializado y servicios sanitarios.

b) Infraestructura regional disponible para disposición final

Para el manejo, transporte, reciclaje y disposición final de los residuos generados, el Proyecto hará uso de la infraestructura y servicios disponibles en el municipio de Seybaplaya y la región de Campeche.

TABLA 21 INFRAESTRUCTURA REGIONAL PARA MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Tipo de residuo	Infraestructura o servicio disponible	Manejo previsto	Disposición final
Residuos sólidos urbanos	Servicio municipal de recolección	Recolección en contenedores temporales	Sitio autorizado municipal
Residuos orgánicos			
Residuos de construcción	Empresas recolectoras y recicladoras	Separación y acopio temporal	Reciclaje o disposición autorizada
Material pétreo excedente	Reutilización interna	Aprovechamiento en obra	No se prevé disposición significativa
Residuos reciclables	Centros de reciclaje regionales	Separación selectiva	Reciclaje
Residuos peligrosos	Empresas autorizadas SEMARNAT	Almacenamiento temporal controlado	Transporte y disposición autorizada
Aguas residuales sanitarias	Empresa de sanitarios portátiles / sistema sanitario del Proyecto	Recolección y tratamiento	Infraestructura autorizada
Emisiones atmosféricas y ruido	No requiere infraestructura especializada	Medidas de control operativo	Dispersión natural controlada

c) Suficiencia de la infraestructura disponible

Considerando el volumen estimado de residuos generados y la naturaleza del Proyecto, se considera que la infraestructura regional existente para recolección, reciclaje, transporte, tratamiento y disposición final resulta suficiente para atender las necesidades derivadas de las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la “Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul”.

Asimismo, debido a que la generación de residuos será moderada y localizada, no se prevé una sobrecarga significativa sobre los servicios municipales o infraestructura regional existente.

III DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Para dar cumplimiento a lo establecido en la fracción IV del artículo 12 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), en el presente capítulo se describe el Sistema Ambiental (SA), el Área de Influencia (AI) y el Sitio del Proyecto (SP), mediante la caracterización integral de los componentes bióticos, abióticos, perceptuales y socioeconómicos presentes en el área de estudio.

Para ello, se analizan los elementos bióticos, representados por la flora y fauna; los componentes abióticos, que incluyen clima, geología, geomorfología, edafología e hidrología superficial y subterránea; los aspectos perceptuales asociados al paisaje; así como los factores socioeconómicos relacionados con el entorno donde se desarrollará el Proyecto. Lo anterior permite identificar las condiciones ambientales existentes, así como las tendencias de conservación, transformación o deterioro que caracterizan al sistema ambiental de la zona.

III.1 Delimitación del área de estudio

Con la finalidad de delimitar el Sistema Ambiental (SA) del Proyecto, se consideraron los criterios establecidos en la Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular (MIA-P) para el Sector Eléctrico, elaborada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la cual define al Sistema Ambiental como la interacción entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema y el subsistema socioeconómico, incluyendo los aspectos culturales, presentes en la región donde se pretende desarrollar un Proyecto. En este sentido, la delimitación del área de estudio se realizó tomando como base la ubicación, dimensiones y características de las obras proyectadas, así como el alcance de las interacciones potenciales con los componentes ambientales del entorno.

Como criterio inicial de análisis se consideró la regionalización establecida en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Seybaplaya, publicado el 8 de agosto de 2024 en el Periódico Oficial del Estado de Campeche. Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la superposición cartográfica del polígono del Proyecto con la cartografía oficial del ordenamiento ecológico, se determinó que el sitio se localiza íntegramente dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (**UGA) A-8**, la cual posee una superficie aproximada de 5,261.09 ha y una política ambiental de Aprovechamiento.

No obstante, considerando que el predio destinado al Proyecto ocupa una superficie aproximada de **10,000 m² (1 ha),** significativamente menor respecto a la extensión total de la UGA, se determinó que los impactos ambientales potenciales derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento tendrán una influencia predominantemente local. Por tal motivo, la UGA A-8

se utilizó como referencia para la caracterización ambiental regional; sin embargo, no fue adoptada como límite del Sistema Ambiental, el cual se definió a partir de la distribución y alcance de los componentes ambientales susceptibles de interacción con las obras y actividades proyectadas.

Asimismo, para la delimitación del área de estudio se consideraron los rasgos geomorfológicos, edafológicos e hidrológicos presentes en el entorno, destacando la presencia de lomeríos bajos desarrollados sobre materiales calcáreos, condiciones kársticas y Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia. De igual forma, se tomó en cuenta la regionalización ambiental correspondiente a la **Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 137 "Karst y Lomeríos de Campeche**", definida por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), así como la **Unidad de Gestión Ambiental Regional (UGA) 84** del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMCM).

Adicionalmente, se consideraron los criterios de planeación territorial y uso de suelo establecidos en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Seybaplaya, de acuerdo con el cual el predio se localiza dentro de un **Área No Urbanizable** y en una **zona de crecimiento condicionada a autorización.**

Con base en el análisis de las características ambientales y territoriales del sitio, se identificó que el área donde podrían manifestarse los impactos directos e indirectos del Proyecto se encuentra delimitada en gran medida por la red de caminos de terracería existentes alrededor del predio, los cuales constituyen elementos físicos que favorecen la diferenciación del área de influencia respecto de las zonas circundantes.

En consecuencia, el área de estudio se definió considerando al predio del Proyecto como área de influencia directa y a su entorno inmediato como área de influencia indirecta, permitiendo evaluar de manera integral los componentes ambientales susceptibles de ser modificados por las obras y actividades proyectadas, así como identificar la problemática ambiental existente y las tendencias de conservación o transformación del sistema ambiental.

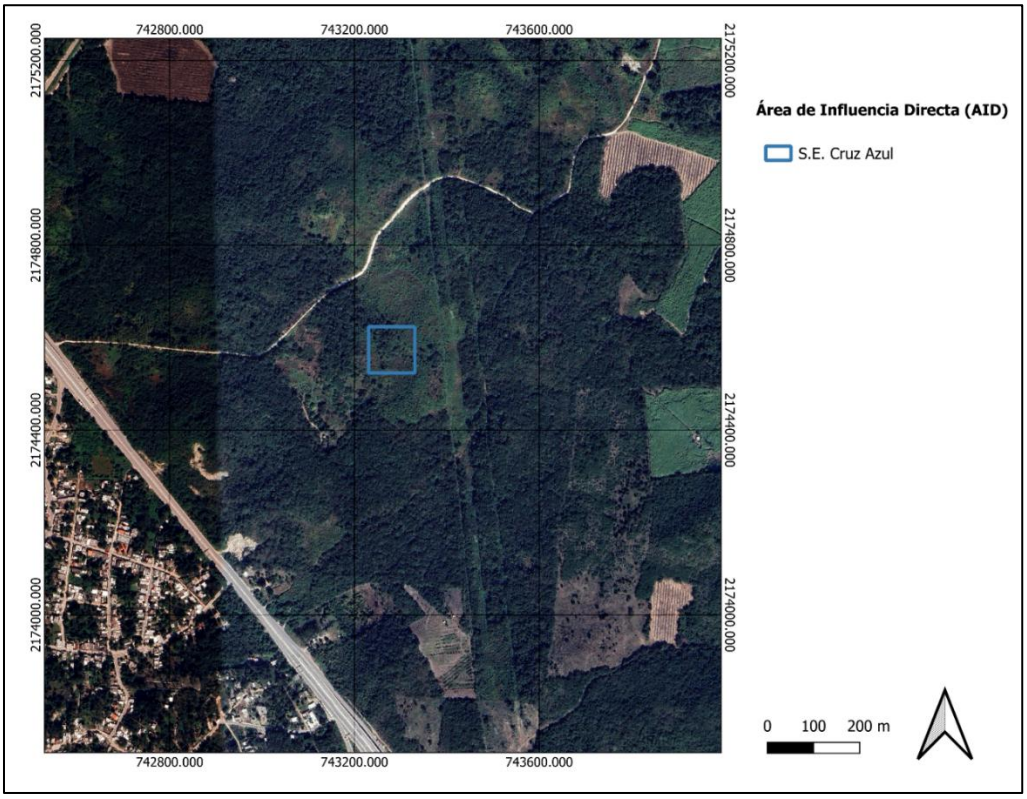
III.1.1 Área de Influencia Directa (AID)

El Área de Influencia Directa (AID) corresponde a la superficie donde se llevarán a cabo de manera directa las obras y actividades del Proyecto, incluyendo las labores de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la "**Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul".**

Esta área comprende el polígono total del Proyecto, con una superficie aproximada de 10,000 m² , dentro de la cual se presentarán las modificaciones físicas más significativas sobre los componentes ambientales, derivadas de la remoción de vegetación, adecuación del terreno, construcción de infraestructura, tránsito de maquinaria y operación de las instalaciones eléctricas.

En consecuencia, el AID constituye la zona donde se concentrarán los impactos ambientales directos sobre el suelo, la vegetación, la fauna de baja movilidad, el paisaje y demás componentes ambientales presentes en el sitio.

FIGURA 4 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)



III.1.2 Área de Influencia Indirecta (AII)

El Área de Influencia Indirecta (AII) corresponde al entorno inmediato del Proyecto donde podrían manifestarse impactos ambientales secundarios derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, sin que ello implique una ocupación física permanente del terreno.

Para su delimitación se consideraron las características ambientales y territoriales presentes en el área, particularmente la continuidad de la cobertura vegetal, la presencia de caminos de terracería, áreas previamente intervenidas y otros elementos del paisaje que actúan como límites físicos y funcionales para la dispersión de los impactos potenciales.

Bajo este criterio, el AII comprende el fragmento de vegetación secundaria y las áreas asociadas que rodean al predio del Proyecto, dentro del cual podrían presentarse efectos temporales relacionados con el desplazamiento de fauna silvestre, la generación de ruido y polvo durante la etapa constructiva, así como modificaciones puntuales en la calidad visual del paisaje.

En virtud de la naturaleza, dimensiones y alcance de las obras proyectadas, se estima que los efectos indirectos permanecerán confinados al entorno inmediato del Proyecto, sin generar alteraciones significativas sobre unidades ambientales de mayor escala ni afectar procesos ecológicos regionales.

Con base en lo anterior, el Área de Influencia Indirecta comprende una superficie aproximada de **459,452.10 m² (45.95 ha**), delimitada mediante la integración de criterios ambientales y territoriales, incluyendo la continuidad de la vegetación secundaria circundante, la conectividad ecológica del entorno inmediato, la presencia de caminos existentes y la extensión espacial estimada de los posibles efectos indirectos asociados al Proyecto. Esta superficie representa el ámbito dentro del cual podrían manifestarse de manera temporal efectos relacionados con la generación de ruido, emisiones fugitivas de polvo, desplazamiento de fauna y modificaciones locales del paisaje, sin que se prevean alteraciones significativas sobre procesos ecológicos de escala regional.

FIGURA 5 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII)

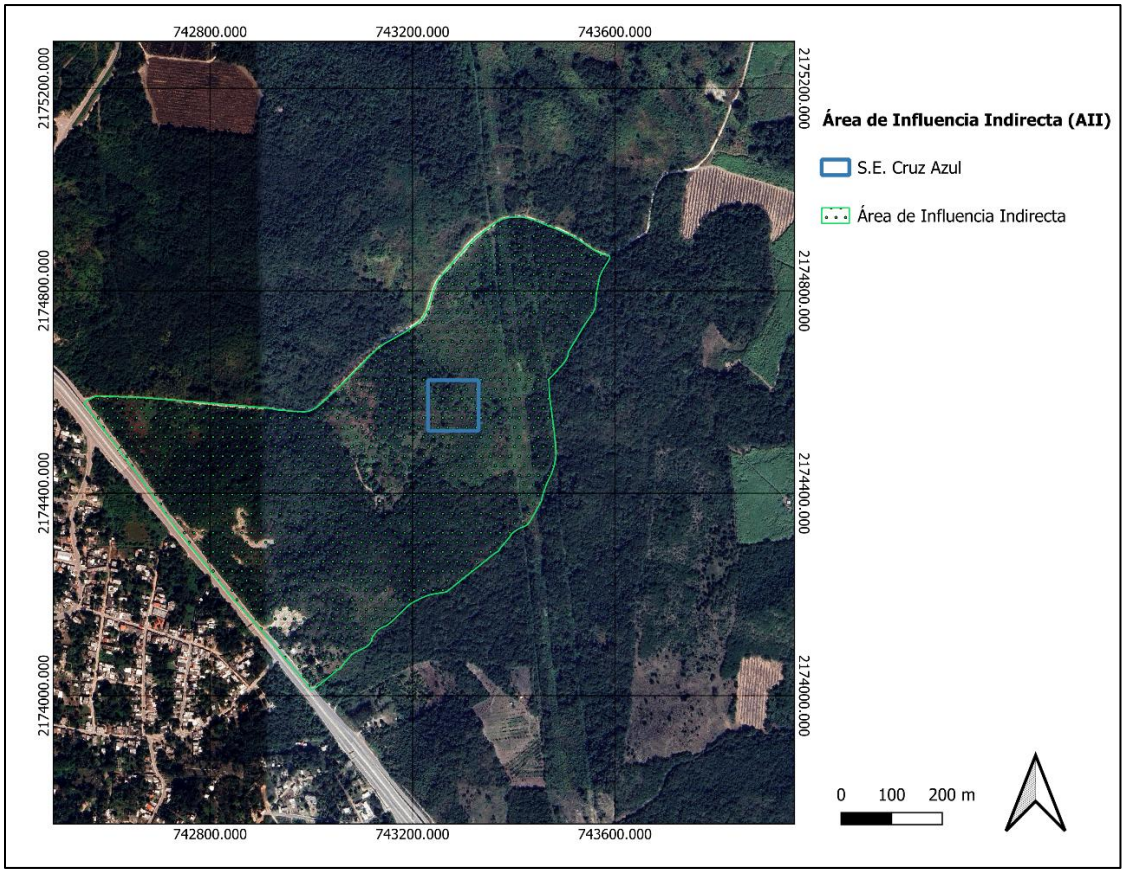


TABLA 22 SUPERFICIE Y CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y ÁREAS DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Área	Superficie aproximada	Criterio de delimitación
Área de Influencia Directa (AID)	10,000 m² (1.00 ha)	Polígono del Proyecto donde se realizarán las obras y actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
Área de Influencia Indirecta (AII)	459,452.10 m² (45.95 ha)	Fragmento ambiental circundante delimitado por la continuidad de la cobertura vegetal, caminos de terracería y áreas previamente intervenidas, dentro del cual podrían manifestarse impactos indirectos temporales asociados al Proyecto.
Sistema Ambiental (SA)	469,452.10 m² (46.95 ha)	Unidad ambiental definida con base en las características ecológicas, territoriales y funcionales del entorno del Proyecto.

III.1.3 Diagnostico Ambiental

III.1.3.1 Integración e interpretación del inventario ambiental

El análisis integral de los componentes físicos, biológicos y paisajísticos del área de estudio permitió caracterizar las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio donde se desarrollará el Proyecto. Desde el punto de vista físico, el área se localiza sobre materiales calcáreos de origen marino pertenecientes a la Provincia Fisiográfica Península de Yucatán, dentro de la subprovincia **Karst y Lomeríos de Campeche**. El relieve corresponde a **lomeríos bajos** con pendientes predominantemente menores al 3 %, lo que favorece la infiltración del agua y limita el desarrollo de escurrimientos superficiales permanentes.

Los suelos presentes corresponden a una asociación de ***Phaeozem húmico léptico***, ***Vertisol endosódico gléyico*** y ***Leptosol húmico réndzico***, desarrollados sobre roca caliza somera. Los resultados de la mecánica de suelos confirman la presencia de un estrato superficial delgado de suelo sobre roca caliza continua, sin evidencias de inestabilidad geotécnica, subsidencia activa o cavidades que representen restricciones para el desarrollo del Proyecto.

En materia hidrológica, el sitio forma parte de la Región Hidrológica **RH-31 Yucatán Oeste** y de la cuenca Icahao-Sihó. Aunque regionalmente el drenaje tiene carácter exorreico hacia el Golfo de México, localmente predominan condiciones de drenaje arreico propias de los sistemas kársticos de la Península de Yucatán. No se identificaron corrientes superficiales permanentes, cuerpos de agua ni zonas sujetas a inundación recurrente dentro del predio.

Desde el punto de vista biológico, la cobertura vegetal corresponde principalmente a Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia (VSA/SMC), con presencia de elementos de selva baja caducifolia y acahuales en distintas etapas de regeneración. La estructura vegetal observada

refleja procesos previos de perturbación asociados a actividades antropogénicas desarrolladas en el entorno regional.

La fauna registrada corresponde principalmente a especies generalistas adaptadas a ambientes intervenidos, destacando aves residentes, pequeños mamíferos y reptiles comunes de la región. No se identificaron especies enlistadas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 durante los recorridos de campo.

En términos paisajísticos, el área conserva una matriz predominantemente natural, aunque influenciada por la presencia de infraestructura carretera, áreas agrícolas y asentamientos humanos cercanos. El análisis multitemporal realizado mediante imágenes satelitales históricas evidencia que el sitio ha experimentado procesos alternados de perturbación y regeneración de la cobertura vegetal durante las últimas décadas.

TABLA 23 ESTADO ACTUAL DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES

Componente	Estado actual
Geología y geomorfología	Conservado
Suelos	Moderadamente conservados
Hidrología superficial	Ausencia de cuerpos de agua permanentes
Hidrología subterránea	Acuífero kárstico regional
Vegetación	Vegetación secundaria arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia
Fauna	Fauna generalista regional
Paisaje	Moderadamente conservado
Especies protegidas	No registradas
Ecosistemas prioritarios	No presentes

La interacción entre los componentes ambientales permite identificar una estrecha relación entre la naturaleza calcárea del subsuelo, la dinámica hidrológica de tipo kárstico y el desarrollo de comunidades vegetales secundarias adaptadas a suelos someros.

De igual forma, la fauna registrada depende directamente de la cobertura vegetal existente, la cual funciona como sitio de alimentación, refugio y desplazamiento para especies generalistas presentes en la región. Esta interdependencia determina que las principales sensibilidades ambientales del área se concentren en la conservación de la cobertura vegetal y en la protección de la calidad del agua subterránea.

III.1.3.2 Valoración del escenario ambiental

Con el propósito de integrar la información obtenida durante la caracterización ambiental y establecer las condiciones prevalecientes del sistema ambiental donde se desarrollará el Proyecto, se realizó una valoración cualitativa de los principales componentes físicos, biológicos y paisajísticos, tomando como

referencia los criterios sugeridos en la Guía para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental de la SEMARNAT.

a) Normativo

La revisión de la normatividad ambiental aplicable permitió identificar que el área del Proyecto no se ubica dentro de Áreas Naturales Protegidas federales, estatales o municipales, ni en sitios prioritarios para la conservación definidos por instrumentos de política ambiental vigentes.
Asimismo, durante los recorridos de campo no se registraron especies de flora o fauna incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010. No se identificaron cuerpos de agua superficiales sujetos a regulación específica ni zonas federales asociadas a cauces, lagunas o humedales dentro del predio. No obstante, debido a la presencia del acuífero Península de Yucatán y a la elevada permeabilidad de los materiales calcáreos del subsuelo, resulta indispensable aplicar medidas preventivas orientadas a evitar la contaminación del suelo y del agua subterránea durante las distintas etapas del Proyecto.

b) Diversidad

La diversidad biológica observada en el área corresponde principalmente a comunidades secundarias derivadas de Selva Mediana Caducifolia, integradas por especies vegetales ampliamente distribuidas en la región de la Península de Yucatán.

La fauna registrada está conformada principalmente por aves residentes, pequeños mamíferos y reptiles generalistas adaptados a ambientes con distintos grados de perturbación. Aunque la riqueza biológica local es representativa de los ecosistemas regionales, no se identificaron comunidades particularmente diversas ni concentraciones excepcionales de especies que indiquen condiciones de alta complejidad ecológica. Por lo anterior, la diversidad biológica del área se considera de valor medio.

c) Rareza

Durante la caracterización ambiental no se identificaron elementos geológicos, hidrológicos, florísticos o faunísticos considerados raros o con distribución restringida dentro del ámbito municipal o regional. Las especies registradas corresponden a organismos comunes en ecosistemas tropicales estacionalmente secos de Campeche y ampliamente distribuidos en la Península de Yucatán. De igual forma, las condiciones geomorfológicas, edáficas e hidrológicas observadas son representativas de la región. En consecuencia, el valor de rareza del área se considera bajo.

d) Naturalidad

El área de estudio conserva elementos naturales propios de los ecosistemas terrestres de la región; sin embargo, presenta evidencias de perturbación asociadas a actividades antropogénicas históricas y actuales desarrolladas en el entorno, incluyendo infraestructura carretera, apertura de caminos,

actividades agropecuarias y modificaciones de la cobertura vegetal. La presencia predominante de vegetación secundaria arbórea y acahuales indica que el ecosistema ha experimentado procesos previos de alteración, aunque mantiene capacidad de regeneración natural. Por ello, el grado de naturalidad del sistema ambiental se considera medio.

e) Aislamiento

El predio no constituye un fragmento ecológicamente aislado, ya que mantiene conectividad con superficies adyacentes cubiertas por vegetación secundaria y remanentes de selva presentes en el paisaje regional. Esta conectividad favorece el desplazamiento de fauna silvestre y contribuye al intercambio biológico con áreas circundantes. Sin embargo, la presencia de infraestructura vial y zonas urbanizadas cercanas genera cierto grado de fragmentación del hábitat. En términos generales, el grado de aislamiento se considera bajo a medio.

f) Calidad ambiental

Las condiciones ambientales observadas reflejan un sistema con alteraciones moderadas pero funcionalmente conservado. No se detectaron procesos severos de erosión, contaminación, degradación hidrológica o pérdida total de cobertura vegetal. Los componentes físicos presentan estabilidad geotécnica e hidrológica, mientras que los componentes biológicos conservan características representativas de los ecosistemas regionales, aunque bajo condiciones de vegetación secundaria. Por lo anterior, la calidad ambiental del área de estudio se considera media.

TABLA 24 VALORACIÓN INTEGRAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Componente ambiental	Estado actual	Criterios relevantes de valoración	Valor ambiental
Geología y geomorfología	Conservado	Naturalidad media; rareza baja	Medio
Suelos	Moderadamente conservados	Calidad ambiental media	Medio
Hidrología superficial	Ausencia de cuerpos de agua permanentes	Calidad ambiental media; rareza baja	Bajo
Hidrología subterránea	Presencia del acuífero Península de Yucatán	Normativo medio-alto; calidad ambiental alta	Alto
Vegetación	Vegetación secundaria arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia	Diversidad media; naturalidad media	Medio
Fauna	Especies generalistas de amplia distribución	Diversidad media; rareza baja; aislamiento bajo-medio	Medio
Paisaje	Moderadamente conservado con influencia antrópica regional	Naturalidad media; calidad visual media	Medio
Especies protegidas	No registradas	Rareza baja	Bajo
Ecosistemas prioritarios	No presentes	Rareza baja; normativo bajo	Bajo

III.1.3.3 Tendencias de deterioro y conservación

El análisis histórico del área de estudio, apoyado en la revisión de imágenes satelitales multitemporales y en los recorridos de campo realizados, permitió identificar que las principales modificaciones ambientales han estado asociadas al desarrollo de actividades antropogénicas regionales, entre las que destacan la expansión de infraestructura vial, la apertura de terrenos para actividades agropecuarias y el crecimiento de asentamientos humanos en las inmediaciones de la localidad de Seybaplaya.

Como consecuencia de estos procesos, la vegetación original ha experimentado distintos grados de transformación, observándose actualmente el predominio de Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia, con presencia de acahuales y especies pioneras características de áreas previamente perturbadas. Esta condición constituye la principal tendencia histórica de deterioro ambiental identificada en el sistema ambiental. No obstante, el análisis multitemporal también evidencia la existencia de procesos naturales de regeneración de la cobertura vegetal, favorecidos por el abandono temporal de algunas áreas y por la capacidad de recuperación característica de las comunidades vegetales tropicales de la región. Lo anterior indica que, pese a las alteraciones registradas, el sistema ambiental mantiene procesos ecológicos funcionales y capacidad de resiliencia.

Desde el punto de vista hidrológico, no se identifican procesos significativos de deterioro asociados a modificación de cauces, pérdida de cuerpos de agua o alteraciones relevantes en los patrones de drenaje natural. Asimismo, las condiciones geológicas y geomorfológicas del sitio muestran estabilidad, sin evidencias de erosión acelerada, subsidencia activa, deslizamientos o procesos de degradación física relevantes. En términos de calidad ambiental, el área presenta un grado de conservación intermedio, resultado de la coexistencia de elementos naturales remanentes con zonas sujetas a influencia antrópica. La tendencia actual sugiere la permanencia de procesos de regeneración natural de la vegetación, aunque éstos pueden verse limitados por el crecimiento de la infraestructura y las actividades productivas desarrolladas en el entorno regional.

TABLA 25 COMPONENTES AMBIENTALES SENSIBLES IDENTIFICADOS

Elemento	Sensibilidad	Justificación
Acuífero kárstico regional	Alta	Alta permeabilidad del subsuelo kárstico y vulnerabilidad a procesos de contaminación.
Vegetación secundaria arbórea	Media	Requiere remoción parcial para la implementación del Proyecto.
Fauna silvestre local	Media	Posible desplazamiento temporal durante las etapas de preparación del sitio y construcción.
Suelos someros sobre roca caliza	Media	Limitada profundidad edáfica y lenta recuperación natural ante alteraciones físicas.
Paisaje local	Baja-Media	Presencia previa de infraestructura, caminos y actividades antropogénicas en el entorno.

III.1.3.4 Síntesis de diagnóstico ambiental

Con base en la integración de la información física, biológica, hidrológica, paisajística y socioambiental, se concluye que el área de estudio presenta un nivel de conservación intermedio, caracterizado por condiciones físicas estables, predominio de vegetación secundaria arbórea, fauna compuesta principalmente por especies generalistas y una dinámica ecológica influenciada por actividades antropogénicas desarrolladas en el entorno regional.

No se identificaron ecosistemas prioritarios para la conservación, cuerpos de agua superficiales permanentes dentro del predio, especies de flora o fauna incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni elementos ambientales de singularidad excepcional que representen restricciones absolutas para el desarrollo del Proyecto.

El componente de mayor sensibilidad ambiental corresponde al sistema hidrogeológico regional, debido a la elevada permeabilidad de los materiales calcáreos y a la importancia del acuífero Península de Yucatán como principal reservorio de agua de la región. Asimismo, la cobertura vegetal secundaria constituye un componente susceptible a modificación directa durante las actividades de preparación del sitio.
Considerando las condiciones actuales del sistema ambiental, la ausencia de elementos críticos de conservación y el grado de perturbación previamente existente en el área, se determina que el sitio presenta aptitud ambiental para el desarrollo del Proyecto, siempre que se implementen de manera adecuada las medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento ambiental establecidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

IV IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Con fundamento en el artículo 12, fracción V, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), en este capítulo se presentan la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales potenciales derivados de las actividades asociadas a la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y, en su caso, abandono del Proyecto.

La evaluación se realizó considerando la interacción entre las acciones previstas y los componentes ambientales que integran el sistema ambiental descrito en el Capítulo IV, con la finalidad de determinar la magnitud de las alteraciones potenciales, identificar los elementos ambientales más sensibles y establecer las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar los efectos adversos que pudieran generarse.

IV.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Existen diversas metodologías aplicables a la evaluación de impacto ambiental, entre las que destacan las listas de verificación, matrices de interacción, redes causa-efecto y métodos de valoración cualitativa, semicuantitativa y cuantitativa. La selección de la metodología depende de las características particulares del Proyecto, de la disponibilidad de información ambiental y del nivel de detalle requerido para la evaluación. (Espinoza, 2001).
Considerando la naturaleza del Proyecto y las características del área donde se pretende desarrollar, se adoptó una metodología integrada compuesta por tres etapas complementarias:

1. Identificación de impactos mediante lista de verificación

En una primera etapa se elaboró una lista de verificación (Check List) mediante la cual se identificaron las principales actividades asociadas a las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto, así como los factores ambientales potencialmente susceptibles de ser modificados (**ver Tabla 45.**

Los factores ambientales considerados se agruparon en los componentes físico, biótico, paisajístico y socioeconómico, incorporando variables relacionadas con geología, geomorfología, suelo, hidrología superficial y subterránea, calidad del aire, vegetación, fauna, paisaje y aspectos sociales.

2. Evaluación mediante matriz de Leopold modificada

Una vez definidos los factores ambientales y las acciones del Proyecto, se construyó una matriz de interacción tipo **Leopold** modificada, en la cual se relacionaron las actividades previstas con cada uno de los componentes ambientales identificados.
La matriz permitió reconocer las relaciones causa-efecto derivadas de la ejecución del Proyecto, identificando tanto impactos adversos como impactos benéficos, directos e indirectos, temporales y permanentes. Para cada interacción identificada se determinó la existencia o ausencia de impacto ambiental y se procedió a su análisis individual.

3. Evaluación y valoración de impactos

La valoración de los impactos se realizó mediante una adaptación de la matriz de interacción propuesta por Leopold et al. (1971), complementada con criterios cualitativos de evaluación basados en la metodología de Conesa Fernández-Vítora (2010), considerando la naturaleza, magnitud, extensión, duración y reversibilidad de los impactos identificados.

Los criterios considerados fueron los siguientes:

- **Naturaleza:** determina si el impacto genera efectos benéficos o adversos sobre el ambiente.
- **Intensidad:** expresa el grado de alteración ocasionado sobre el componente ambiental afectado.
- **Extensión:** define el ámbito espacial de influencia del impacto.
- **Persistencia:** establece el periodo de permanencia del efecto generado.
- **Efecto:** Establece la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.
- **Periodicidad:** Regularidad de manifestación del efecto; bien sea de manera cíclica o recurrente.
- **Reversibilidad:** indica la capacidad del medio para recuperar sus condiciones originales una vez que cesa la acción que origina el impacto.
- **Recuperabilidad:** Es la capacidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado, por medio de la intervención humana.

La aplicación de estos criterios permitió jerarquizar los impactos identificados y determinar aquellos componentes ambientales con mayor sensibilidad frente al desarrollo del Proyecto. Los resultados obtenidos constituyen la base para la formulación de las medidas de prevención, mitigación y control ambiental que se presentan en capítulos posteriores, orientadas a minimizar los efectos adversos y potenciar los efectos benéficos asociados a la ejecución del Proyecto.

TABLA 26 ACTIVIDADES DEL PROYECTO POR ETAPA

Etapa	Actividad	Clave
Preparación del sitio	Delimitación y señalización del área de trabajo	PS-01
	Desmonte y despalme de la cobertura vegetal	PS-02
	Trazo y nivelación del terreno	PS-03
	Movilización de maquinaria, equipos y materiales	PS-04
	Manejo temporal de residuos generados	PS-05
Construcción	Excavaciones para cimentaciones	C-01
	Conformación y compactación de plataformas	C-02
	Construcción de cimentaciones y obras civiles	C-03
	Instalación de ductos, registros y canalizaciones eléctricas	C-04
	Montaje de estructuras metálicas y equipos eléctricos	C-05
	Instalación del sistema de tierras	C-06
	Instalación de transformadores, tableros y equipos auxiliares	C-07
	Tendido de conductores e interconexiones eléctricas	C-08
	Tránsito de maquinaria, vehículos y personal	C-09
	Manejo de residuos de construcción	C-10
Operación y mantenimiento	Operación de la subestación eléctrica	OM-01
	Inspección y monitoreo de equipos	OM-02
	Mantenimiento preventivo y correctivo	OM-03
	Manejo de residuos derivados del mantenimiento	OM-04
	Tránsito ocasional de personal y vehículos de servicio	OM-05

IV.1.1 Indicadores de impacto

Los indicadores de impacto constituyen herramientas de análisis que permiten identificar, describir y valorar las alteraciones potenciales que podrían generarse sobre los componentes ambientales como consecuencia de la ejecución del Proyecto. Su principal aplicación consiste en establecer una relación objetiva entre las acciones del Proyecto y los elementos del medio susceptibles de modificación, permitiendo estimar la magnitud de los impactos ambientales, comparar alternativas de desarrollo y evaluar la importancia de las alteraciones generadas sobre cada componente del ecosistema.

Para efectos de la presente evaluación, los indicadores de impacto corresponden a aquellos atributos físicos, biológicos, paisajísticos y socioeconómicos susceptibles de experimentar cambios derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto. Su selección

se fundamenta en la caracterización y diagnóstico ambiental desarrollados en el Capítulo IV, así como en las características particulares del área de estudio y de las obras proyectadas.

Con el propósito de identificar adecuadamente los cambios positivos o negativos que pudieran producirse en la calidad ambiental del entorno, los indicadores seleccionados cumplen con los siguientes criterios:

- **Representatividad:** reflejan de manera adecuada las condiciones ambientales del área de estudio y permiten evaluar los efectos potenciales asociados al Proyecto.
- **Relevancia:** aportan información significativa para determinar la magnitud e importancia de los impactos identificados.
- **Exclusividad:** evitan duplicidades o superposición de información entre los distintos componentes ambientales evaluados.
- **Facilidad de identificación y localización:** corresponden a elementos claramente definidos y observables dentro del área de estudio.
- **Cuantificabilidad:** permiten su evaluación mediante parámetros cualitativos o cuantitativos que facilitan su análisis y comparación.
- **Congruencia normativa:** consideran la legislación ambiental vigente y los criterios técnicos y administrativos aplicables al Proyecto.

Los indicadores considerados abarcan los principales componentes ambientales susceptibles de modificación, incluyendo aspectos relacionados con la geología y geomorfología, suelo, hidrología superficial y subterránea, atmósfera, vegetación, fauna, paisaje y medio socioeconómico. La selección de dichos indicadores responde a la sensibilidad ambiental identificada durante el diagnóstico, así como a la naturaleza y alcance de las actividades previstas.

La aplicación de estos indicadores constituye la base para la elaboración de la lista indicativa de indicadores de impacto y para la posterior identificación, valoración y jerarquización de los impactos ambientales mediante la matriz de interacción tipo **Leopold** modificada y los criterios de evaluación definidos en la presente metodología.

IV.1.2 Lista indicativa de indicadores

La lista indicativa de indicadores de impacto constituye una herramienta para identificar los componentes ambientales susceptibles de experimentar modificaciones derivadas de las actividades asociadas al Proyecto. Estos indicadores representan los elementos físicos, biológicos, paisajísticos y socioeconómicos presentes en el sistema ambiental, tales como suelo, agua, aire, vegetación, fauna, paisaje y aspectos socioeconómicos, que potencialmente pueden ser afectados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

La definición de los indicadores permite establecer una relación directa entre las acciones del Proyecto y los factores ambientales potencialmente afectados, facilitando la identificación, descripción y evaluación

de los impactos ambientales, tanto adversos como benéficos. Asimismo, constituyen la base para comprender y prever los cambios que podrían generarse en el entorno como consecuencia de la ejecución del Proyecto.

Los indicadores fueron seleccionados considerando criterios de representatividad, relevancia, facilidad de identificación y posibilidad de evaluación, de manera que reflejen adecuadamente las características ambientales del área de estudio y la naturaleza de las actividades proyectadas. Su aplicación permite estructurar de manera sistemática el análisis de impactos y proporciona los elementos necesarios para la elaboración de la matriz de interacción ambiental tipo Leopold modificada, mediante la cual se realizará la valoración de los impactos identificados.

TABLA 27 LISTA INDICATIVA DE INDICADORES DE IMPACTO

Componente ambiental	Factor ambiental	Indicador de impacto	Actividad generadora
Medio físico	Suelo	Superficie susceptible de despalme, excavación y compactación	Preparación del sitio, excavaciones y nivelación
		Riesgo potencial de contaminación del suelo	Manejo de combustibles, lubricantes y residuos
	Hidrología superficial	Modificación local de la infiltración y escurrimiento	Despalme, nivelación y obras civiles
	Hidrología subterránea	Riesgo potencial de afectación al acuífero kárstico	Manejo de materiales, residuos y sustancias peligrosas
	Aire	Emisión de polvo y material particulado	Desmonte, excavaciones y tránsito de maquinaria
		Emisiones de gases de combustión	Operación de maquinaria y vehículos
	Ruido	Incremento temporal de niveles sonoros	Operación de maquinaria, equipos y vehículos
Medio biótico	Vegetación	Remoción de vegetación secundaria arbórea	Desmonte y despalme
		Reducción de cobertura vegetal	Construcción de infraestructura
	Fauna	Desplazamiento temporal de fauna silvestre	Desmonte, construcción y presencia de personal
		Alteración temporal del hábitat	Remoción de vegetación y actividades constructivas
Paisaje	Calidad visual	Modificación de la estructura visual del paisaje	Construcción y operación de la subestación
	Paisaje	Incorporación de elementos artificiales permanentes	Instalación de equipos e infraestructura eléctrica
Medio socioeconómico	Empleo	Generación de empleos temporales	Preparación del sitio y construcción
	Economía local	Demanda de bienes y servicios	Construcción y operación

	Infraestructura eléctrica	Fortalecimiento de la red eléctrica regional	Operación de la subestación
	Seguridad energética	Incremento en la confiabilidad del suministro eléctrico	Operación del Proyecto

IV.1.3 Criterios y escalas de evaluación

IV.1.3.1 Criterios

Los criterios de evaluación constituyen las herramientas mediante las cuales se determina la relevancia de los impactos ambientales identificados, permitiendo valorar la magnitud de las alteraciones que pueden producirse sobre los distintos componentes del sistema ambiental como consecuencia de la ejecución del Proyecto. Su aplicación facilita la comparación de impactos y contribuye a establecer prioridades para la implementación de medidas de prevención, mitigación y control ambiental.

Los criterios de valoración pueden considerar atributos como la dimensión, signo, desarrollo, permanencia, certidumbre, reversibilidad, sinergia y viabilidad de mitigación. No obstante, la propia guía establece que la selección de los criterios deberá realizarse en función de las características particulares del Proyecto y del nivel de detalle requerido para la evaluación.

Para el presente estudio se adoptó una metodología de evaluación cualitativa basada en una adaptación de la matriz de interacción propuesta por Leopold et al. (1971), complementada con criterios de valoración ampliamente utilizados en evaluación de impacto ambiental y desarrollados por Conesa Fernández-Vítora (2010). En este sentido, la valoración de los impactos identificados se realizó considerando los siguientes criterios:

a) Naturaleza

Corresponde al sentido del cambio producido sobre el componente ambiental afectado, permitiendo determinar si el impacto genera efectos benéficos o adversos.

Clasificación	Valor
Impacto benéfico (positivo)	(+)
Impacto adverso (negativo)	(-)

b) Intensidad (IN)

Representa el grado o intensidad de la alteración que experimenta el factor ambiental afectado como consecuencia de una actividad determinada del Proyecto.

Intensidad	Valor
Baja	1
Media	2

Alta	4
Muy alta	8
Total	12

c) Extensión (EX)

Se refiere al porcentaje del área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto; se valora como sigue: Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1); si, por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del Proyecto teniendo una influencia generalizada el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, se tiene un impacto parcial (2) y extenso (4).

Extensión	Valor
Puntual	1
Parcial	2
Extenso (en toda la superficie del Proyecto)	4
Total	8

d) Persistencia (PE)

Hace referencia a la escala temporal en que permanecería el impacto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o por medidas correctoras; se valora como sigue: Si la permanencia del impacto tiene lugar durante menos de 1 año, se considera que la acción produce un impacto fugaz, asignándole un valor de (1); si dura entre 1 y 10 años, temporal (2), y si el impacto tiene una duración superior a 10 años, se considera el impacto permanente asignándole un valor de (4).

Persistencia	Valor
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4

e) Efecto (EF)

Establece la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción; se valora como sigue:

Efecto	Valor
Indirecto (secundario)	1
Directo	4

f) Periodicidad (PR)

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto; bien sea de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible en el tiempo o constante en el mismo (efecto continuo); se valora como sigue:

Periodicidad	Valor
Irregular	1
Periódico	2
Continuo	4

g) Reversibilidad (RV)

Evalúa la capacidad del medio para recuperar sus condiciones originales por medios naturales una vez que cesa la acción causante del impacto.

Reversibilidad	Valor
Corto plazo	1
Mediano plazo	2
Irreversible	4

h) Recuperabilidad (RC)

Es la capacidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado, por medio de la intervención humana (medidas correctoras). En impactos positivos no existe recuperabilidad; se valora como sigue: Si el impacto es totalmente recuperable, se le asigna un valor de (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o a medio plazo; si lo es parcialmente, el impacto es mitigable y se le asigna un valor de (4); cuando el impacto es irrecuperable se le asigna un valor de (8); en el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor será de (4).

Recuperabilidad	Valor total
Recuperación de manera inmediata	1
Recuperable a mediano plazo	2
Mitigable o parcialmente recuperable	4
Irrecuperable	8

IV.1.3.2 Metodología de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

La identificación de los impactos ambientales potenciales se realizó mediante una lista de verificación de las actividades asociadas al Proyecto y de los factores ambientales susceptibles de afectación. Posteriormente, las interacciones identificadas fueron analizadas mediante una matriz de interacción tipo Leopold modificada, herramienta que permite establecer de manera sistemática las relaciones causa-efecto entre las acciones del Proyecto y los componentes ambientales presentes en el área de estudio.

La metodología propuesta originalmente por Leopold et al. (1971) constituye una de las herramientas más utilizadas en la evaluación de impacto ambiental debido a su capacidad para identificar de forma ordenada las interacciones entre las actividades de un Proyecto y los elementos del medio físico, biológico y

socioeconómico. De manera complementaria, se incorporaron criterios de valoración cualitativa adaptados de la metodología desarrollada por Conesa Fernández-Vítora (2010), con el propósito de determinar la importancia ambiental de los impactos identificados.
La aplicación conjunta de una lista de verificación, una matriz de Leopold modificada y un sistema de valoración cualitativa resulta adecuada para Proyectos de infraestructura eléctrica como el presente, ya que permite identificar, caracterizar y jerarquizar los impactos potenciales asociados a las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, proporcionando una base técnica para el establecimiento de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental.

La importancia de cada impacto se determinó mediante la valoración de los atributos de intensidad, extensión, persistencia, efecto, periodicidad, reversibilidad y recuperabilidad. Estos criterios permiten estimar el grado de influencia que una acción determinada ejerce sobre un factor ambiental específico y facilitan la comparación objetiva entre los distintos impactos identificados.

La naturaleza del impacto se incorporó mediante la asignación de un signo positivo (+) o negativo (-), según el efecto generado sobre el componente ambiental evaluado. La importancia del impacto se calculó mediante la siguiente expresión:

$$I = \pm (3IN + 2EX + PE + EF + PR + RV + RC)$$

Donde:
I = Importancia del impacto.
± = Naturaleza del impacto (positivo o negativo).
IN = Intensidad.
EX = Extensión.
PE = Persistencia.
EF = Efecto.
PR = Periodicidad.
RV = Reversibilidad.
RC = Recuperabilidad.

La intensidad y la extensión reciben una ponderación mayor dentro de la ecuación debido a que representan los atributos con mayor influencia en la valoración global del impacto, al expresar respectivamente el grado de alteración del factor ambiental y el alcance espacial de los efectos generados. Una vez obtenido el valor de importancia, los impactos fueron clasificados conforme a los rangos presentados en la siguiente Tabla.

TABLA 28 CLASIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Importancia del impacto	Valor	Código
Irrelevante o compatible	≤ 25	
Moderado	> 25 - ≤ 50	
Severo	> 50 - ≤ 75	

Crítico	> 75	

La valoración obtenida permite identificar las actividades con mayor potencial de afectación ambiental, así como los factores ambientales más sensibles dentro del área de estudio. Asimismo, facilita la jerarquización de impactos y la definición de las medidas de manejo ambiental que serán implementadas durante las distintas etapas del Proyecto

TABLA 29 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Etapa	Clave de Actividad	Componente Ambiental	Factor Ambiental	Atributos de impacto								Importancia	Clasificación
				±	IN	EX	PE	EF	PR	RV	RC		
Preparación del sitio	PS-01	Seguridad / organización	Ordenamiento del área de trabajo	+	1	1	1	4	1	1	0	+12	Irrelevante/ positivo
	PS-02	Vegetación	Remoción de vegetación secundaria arbórea	-	4	4	4	4	4	2	4	-38	Moderado/negativo
	PS-02	Fauna	Desplazamiento temporal de fauna silvestre	-	2	2	2	4	2	1	1	-20	Irrelevante/negativo
	PS-02		Alteración temporal del hábitat	-	2	4	4	4	2	2	4	-30	Moderado/negativo
	PS-03	Suelo	Compactación y modificación superficial del suelo	-	2	4	4	4	4	2	4	-32	Moderado/negativo
	PS-03	Aire	Emisión de polvo y material particulado	-	2	2	1	4	2	1	1	-19	Irrelevante/negativo
	PS-04		Emisiones de gases de combustión	-	1	2	1	4	2	1	1	-16	Irrelevante/negativo
	PS-04	Ruido	Incremento temporal de niveles sonoros	-	2	2	1	4	2	1	1	-19	Irrelevante/negativo
	PS-05	Suelo	Riesgo de contaminación del suelo	-	2	2	2	1	1	2	2	-18	Irrelevante/negativo
Construcción	C-01	Suelo	Remoción y alteración puntual del suelo	-	2	2	2	4	2	2	2	-22	Irrelevante/negativo
	C-02		Compactación del terreno	-	2	4	4	4	4	2	4	-32	Moderado/negativo
	C-03	Agua subterránea	Riesgo de contaminación del acuífero kárstico	-	4	2	4	1	1	4	4	-30	Moderado/negativo
	C-04	Hidrología superficial	Modificación local de infiltración y escurrimiento	-	2	2	4	4	4	2	4	-28	Moderado/negativo
	C-05	Paisaje	Incorporación de elementos artificiales permanentes	-	2	4	4	4	4	4	4	-34	Moderado/negativo

	C-06	Suelo	Alteración puntual del subsuelo	-	2	2	2	4	2	2	2	-22	Irrelevante/negativo
	C-07	Suelo / agua subterránea	Riesgo por manejo de aceites, lubricantes o sustancias asociadas	-	4	2	4	1	1	4	4	-30	Moderado/negativo
	C-08	Paisaje	Modificación visual por infraestructura eléctrica	-	2	4	4	4	4	4	4	-34	Moderado/negativo
	C-09	Aire / ruido	Polvo, gases y ruido temporal	-	2	2	1	4	2	1	1	-19	Irrelevante/negativo
	C-10	Suelo	Riesgo de contaminación por residuos de construcción	-	2	2	2	1	1	2	2	-18	Irrelevante/negativo
Operación y mantenimiento	OM-01	Infraestructura eléctrica	Fortalecimiento de la red eléctrica regional	+	8	8	4	4	4	4	0	+56	Severo/ positivo
	OM-01	Servicio eléctrico	Incremento en la confiabilidad del suministro eléctrico	+	8	8	4	4	4	4	0	+56	Severo/ positivo
	OM-02	Seguridad operativa	Prevención de fallas y riesgos operativos	+	2	2	4	4	4	2	0	+24	Irrelevante/ positivo
	OM-03	Suelo / agua subterránea	Riesgo de contaminación por mantenimiento	-	2	2	2	1	2	2	2	-20	Irrelevante/negativo
	OM-04	Suelo	Riesgo de contaminación por residuos	-	2	2	2	1	2	2	2	-19	Irrelevante/negativo
	OM-05	Aire / ruido	Emisiones y ruido de baja intensidad	-	1	1	1	4	1	1	1	-13	Irrelevante/negativo
Todas las etapas	PS/C/OM	Economía y empleo	Generación de empleos temporales y permanentes	+	2	2	2	4	2	1	0	+19	Irrelevante/ positivo
	PS/C/OM	Economía local	Demanda de bienes y servicios locales	+	2	2	2	1	2	1	0	+16	Irrelevante/ positivo
				Impacto total sobre el factor								**-330**	

IV.1.3.2.1 Descripción de los impactos significativos

La aplicación de la metodología de identificación y valoración de impactos permitió obtener un valor acumulado de importancia de **-330**, resultado que refleja la presencia de impactos ambientales adversos asociados principalmente a las etapas de preparación del sitio y construcción. No obstante, el análisis de la significancia de los impactos indica que la totalidad de las afectaciones negativas identificadas corresponden a categorías **irrelevantes y moderadas**, sin registrarse impactos adversos clasificados como severos o críticos.

Los impactos negativos de mayor relevancia se relacionan con la remoción de vegetación secundaria arbórea, la alteración temporal del hábitat de la fauna silvestre, la modificación de las características superficiales del suelo, los riesgos potenciales de afectación al acuífero kárstico y los cambios en la calidad visual del paisaje. La remoción de vegetación secundaria derivada de Selva Mediana Caducifolia constituye uno de los impactos moderados más relevantes (-38), debido a la eliminación permanente de cobertura vegetal dentro del área de ocupación del Proyecto. Sin embargo, esta afectación se limita a una superficie reducida respecto al contexto regional y no involucra comunidades vegetales primarias ni especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De manera asociada, las actividades de preparación del sitio ocasionarán una alteración temporal del hábitat para la fauna silvestre (-30), derivada de la remoción de la cobertura vegetal y del incremento temporal de la presencia de maquinaria, equipo y personal. No obstante, la disponibilidad de áreas con características similares en el entorno inmediato favorece el desplazamiento temporal de los organismos y reduce la magnitud de la afectación.

En el componente suelo, las actividades de trazo, nivelación, excavación y compactación generarán impactos moderados relacionados con la modificación de las propiedades físicas del estrato superficial (-32). Estas alteraciones se restringen al área destinada al Proyecto y no representan riesgos significativos para la estabilidad geotécnica del sitio ni para la dinámica geomorfológica regional.

Respecto al recurso hídrico subterráneo, se identificaron impactos moderados vinculados al riesgo potencial de contaminación del acuífero kárstico (-30), particularmente por el manejo de combustibles, aceites, lubricantes y otras sustancias asociadas a la construcción y mantenimiento de la infraestructura. La sensibilidad de este componente obedece a la elevada permeabilidad de los materiales calcáreos característicos de la Península de Yucatán y a la importancia regional del acuífero como principal fuente de abastecimiento de agua. Sin embargo, el Proyecto no contempla descargas directas al subsuelo ni actividades de aprovechamiento intensivo del recurso, por lo que los riesgos identificados pueden prevenirse mediante la aplicación de medidas adecuadas de manejo ambiental.

Asimismo, se identificaron impactos moderados sobre el paisaje (-34) derivados de la incorporación permanente de estructuras, equipos e infraestructura eléctrica que modificarán parcialmente la percepción visual actual del sitio. No obstante, el área ya presenta influencia de infraestructura carretera y otros elementos antrópicos, por lo que la modificación paisajística resulta compatible con la dinámica de transformación existente en el entorno.

Por otra parte, los impactos asociados a emisiones de polvo, gases de combustión, incremento temporal de los niveles de ruido, tránsito de maquinaria y manejo de residuos fueron clasificados como irrelevantes, debido a su carácter localizado, temporal y reversible, así como a la posibilidad de controlarlos mediante la implementación de buenas prácticas constructivas y medidas de manejo ambiental.

En contraste, los impactos positivos de mayor relevancia se presentan durante la etapa de operación del Proyecto. Destacan el **fortalecimiento de la red eléctrica regional** (+56) y el **incremento en la confiabilidad del suministro eléctrico** (+56), ambos clasificados como impactos severos positivos debido a su permanencia, alcance regional y contribución al desarrollo de la infraestructura energética. Estos beneficios se traducen en una mayor estabilidad operativa del sistema eléctrico, una mejora en la calidad del servicio y un fortalecimiento de las condiciones necesarias para el desarrollo económico y social de la región.

Adicionalmente, el Proyecto generará beneficios socioeconómicos asociados a la creación de empleos temporales y permanentes, así como al incremento en la demanda de bienes y servicios durante las distintas etapas de ejecución, favoreciendo la economía local y regional.

En términos generales, los resultados obtenidos indican que los impactos ambientales negativos previstos son de magnitud irrelevante a moderada y pueden ser prevenidos, mitigados o controlados mediante la aplicación de las medidas ambientales propuestas. Asimismo, no se identificaron impactos negativos severos o críticos que comprometan la funcionalidad del sistema ambiental. Por el contrario, los impactos de mayor importancia corresponden a beneficios permanentes asociados al fortalecimiento de la infraestructura eléctrica y a la mejora en la confiabilidad del suministro de energía. En consecuencia, considerando la naturaleza, magnitud, alcance y temporalidad de los impactos identificados, se concluye que el Proyecto presenta viabilidad ambiental y que su desarrollo es compatible con las condiciones actuales del área de estudio.

TABLA 30 RESUMEN SIGNIFICATIVO DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS

Categoría de impacto	Número de impactos	Principales componentes afectados	Interpretación
Irrelevantes negativos	12	Aire, ruido, suelo, fauna y manejo de residuos	Impactos de baja magnitud, localizados, temporales y reversibles mediante medidas de manejo ambiental.
Moderados negativos	9	Vegetación, hábitat, suelo, acuífero kárstico, hidrología superficial y paisaje	Impactos con afectación apreciable, pero susceptibles de prevención, mitigación y control. No comprometen la funcionalidad del sistema ambiental regional.
Severos negativos	0	No aplica	No se identificaron impactos adversos clasificados como severos.
Críticos negativos	0	No aplica	No se identificaron impactos adversos clasificados como críticos.
Irrelevantes positivos	4	Seguridad, empleo y economía local	Beneficios de alcance local asociados a la organización del Proyecto, generación de empleos y demanda de bienes y servicios.
Moderados positivos	0	No aplica	No se identificaron impactos positivos clasificados como moderados..
Severos positivos	2	Infraestructura y servicio eléctrico regional	Beneficios permanentes asociados al fortalecimiento de la red eléctrica regional y al incremento en la confiabilidad del suministro eléctrico.
Críticos positivos	0	No aplica	No se identificaron impactos positivos clasificados como críticos.

V MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En el presente capítulo se establecen las medidas preventivas, de mitigación, restauración y, en su caso, compensación ambiental, orientadas a evitar, reducir, controlar o contrarrestar los impactos ambientales adversos derivados de la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto.

Dichas medidas se formulan con base en los resultados obtenidos en la matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales (**Ver Tabla 49**), en la cual se determinaron los componentes ambientales susceptibles de afectación, la naturaleza de los impactos, su intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad e importancia ambiental.

El planteamiento de las medidas atiende al principio de que resulta ambientalmente preferible prevenir la generación de impactos que corregirlos una vez producidos. En este sentido, se priorizan las acciones preventivas desde la etapa de preparación del sitio y construcción, sin omitir aquellas medidas de mitigación, restauración o compensación que resulten procedentes para los impactos que no puedan evitarse completamente.

Para efectos del presente capítulo, las medidas se entenderán de la siguiente forma:

a. **Medidas preventivas**: acciones orientadas a evitar la generación de impactos ambientales previsibles antes de que éstos se produzcan.
b. **Medidas de mitigación**: acciones encaminadas a reducir, atenuar o controlar la magnitud, duración, extensión o intensidad de los impactos ambientales adversos generados por el Proyecto.
c. **Medidas de restauración**: acciones dirigidas a recuperar, en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de las áreas temporalmente afectadas por las actividades del Proyecto.
d. **Medidas de compensación**: acciones aplicables cuando un impacto ambiental no pueda evitarse o mitigarse totalmente, por lo que se busca generar un beneficio ambiental equivalente o complementario, preferentemente dentro del predio o en áreas vinculadas funcionalmente con el sistema ambiental local.

Las medidas se presentan por componente ambiental, considerando la correspondencia directa con los impactos identificados en la matriz de Leopold modificada.

V.1 Descripción de las medidas preventivas y de mitigación por componente ambiental

V.1.1 Vegetación

De acuerdo con la matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales, durante la etapa de preparación del sitio se identificó un impacto adverso moderado sobre el componente vegetación, asociado a la actividad **PS-02**, relativa a la **remoción de vegetación secundaria arbórea**.
Dicho impacto obtuvo una importancia de **-38**, clasificándose como **moderado negativo**. Esta valoración se explica por tratarse de un impacto de naturaleza negativa, con intensidad alta, extensión amplia dentro del área de intervención, persistencia permanente, efecto directo, periodicidad continua, reversibilidad parcial y recuperabilidad limitada en las zonas que serán ocupadas de manera definitiva por la infraestructura eléctrica.

El impacto se origina por las actividades de desmonte necesarias para la habilitación del área destinada a la construcción de la **Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul**, incluyendo las superficies requeridas para el desplante de infraestructura, áreas de maniobra, caminos internos y obras auxiliares.

La afectación consiste en la eliminación de cobertura vegetal secundaria arbórea dentro de las superficies estrictamente necesarias para el desarrollo del Proyecto. Esta remoción implica una reducción localizada de la cobertura vegetal existente, modificación de las condiciones originales del sitio y disminución puntual de la función ecológica que dicha vegetación presta como cobertura protectora del suelo, refugio temporal de fauna y elemento de integración paisajística.

No obstante, el impacto se considera localizado y no compromete la funcionalidad del sistema ambiental regional, siempre que las actividades de desmonte se limiten estrictamente al área autorizada y se implementen medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental.

TABLA 31 MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL COMPONENTE VEGETACIÓN

Concepto	Descripción
Impacto identificado	Remoción de vegetación secundaria arbórea (PS-02, clasificado como Moderado negativo (-38).
Etapa de aplicación	Preparación del sitio, construcción y operación.
Duración	Desde el inicio de las actividades de desmonte hasta el establecimiento de la cobertura vegetal restaurada y durante toda la operación para las medidas de compensación.
Medidas preventivas	Delimitación física de las áreas de trabajo antes del inicio de las obras. Restricción del desmonte únicamente a las superficies requeridas por el Proyecto. Conservación de vegetación periférica que no interfiera con la infraestructura. Ejecución gradual del desmonte. Prohibición de quema de vegetación y residuos vegetales.
Medidas de mitigación	Manejo controlado del material vegetal removido. Aprovechamiento del material vegetal para protección temporal del suelo.

	Recuperación y almacenamiento de suelo superficial para su reutilización. Supervisión ambiental durante el desmonte. Restricción del tránsito de maquinaria fuera de las áreas autorizadas.
Medidas de restauración	Limpieza y acondicionamiento de áreas temporalmente afectadas. Descompactación superficial cuando sea técnicamente viable. Restauración vegetal con especies nativas o adaptadas a las condiciones ambientales locales. Aplicación de riegos de apoyo cuando resulte necesario para asegurar el establecimiento de la vegetación.
Medidas de compensación	Conservación de superficies no requeridas para la operación del Proyecto. Establecimiento y mantenimiento de áreas verdes dentro del predio. Restauración vegetal de áreas libres con especies nativas o adaptadas a la región. Aplicación de medidas de compensación forestal cuando así lo determine la autoridad competente.
Mecanismo de efectividad	Las medidas propuestas reducen la superficie de afectación, minimizan procesos de erosión y pérdida de humedad, favorecen la recuperación parcial de cobertura vegetal y mantienen funciones ecológicas dentro del predio.
Indicadores de cumplimiento	Superficie desmontada respecto a la autorizada. Ausencia de afectaciones fuera del área delimitada. Conservación de vegetación periférica. Superficie revegetada. Registro de especies utilizadas. Evidencia fotográfica de las acciones implementadas.

Pese a la implementación de las medidas propuestas, permanecerá un impacto residual sobre el componente vegetación, debido a que la cobertura vegetal será removida de manera permanente en las superficies ocupadas por la infraestructura de la subestación.

No obstante, dicho impacto residual será localizado y se reducirá mediante la conservación de vegetación periférica, la restauración de áreas temporalmente afectadas y la restauración vegetal de superficies libres dentro del predio. Por lo anterior, se estima que el impacto residual sobre la vegetación no comprometerá la funcionalidad del sistema ambiental regional.

V.1.2 Fauna silvestre y hábitat

Para el componente fauna silvestre y hábitat se identificaron dos impactos asociados a las actividades de preparación del sitio. El primero corresponde al **desplazamiento temporal de fauna silvestre (PS-02),** el cual obtuvo una importancia de **-20** y fue clasificado como un **impacto irrelevante negativo.** Este impacto se relaciona con la presencia de maquinaria, personal, ruido y movimientos asociados al desmonte y preparación del terreno, condiciones que generan perturbaciones temporales que inducen el desplazamiento de organismos hacia áreas vecinas con características ambientales similares.

El segundo impacto corresponde a la **alteración temporal del hábitat (PS-02),** el cual obtuvo una importancia de **-30** y fue clasificado como un impacto **moderado negativo**. Este impacto se deriva

principalmente de la remoción de vegetación secundaria arbórea, que constituye el principal elemento de refugio, alimentación, descanso y desplazamiento para diversas especies de fauna presentes en el área del Proyecto.
La afectación se considera temporal durante las actividades de preparación del sitio y construcción; sin embargo, en las superficies ocupadas permanentemente por la infraestructura eléctrica se producirá una reducción permanente de la cobertura vegetal disponible para determinadas especies.

No obstante, considerando que la vegetación presente corresponde principalmente a Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia, y que en el entorno inmediato existen superficies con características similares que mantienen continuidad ecológica con el sistema ambiental local, se prevé que la mayoría de los organismos con capacidad de desplazamiento puedan migrar hacia zonas adyacentes sin comprometer la viabilidad de sus poblaciones a escala local o regional.
Asimismo, debido a las dimensiones del Proyecto y a la naturaleza de la vegetación presente, no se prevé la fragmentación significativa de hábitats ni la interrupción de corredores biológicos regionales.

TABLA 32 MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL COMPONENTE FAUNA SILVESTRE Y HÁBITAT

Concepto	Descripción
Impactos identificados	Desplazamiento temporal de fauna silvestre (PS-02), clasificado como irrelevante negativo (-20). Alteración temporal del hábitat (PS-02), clasificado como moderado negativo (-30).
Etapa de aplicación	Preparación del sitio, construcción y operación.
Duración	Los recorridos de inspección se realizarán previo al desmonte y cuando se abran nuevos frentes de trabajo. Las medidas de protección, rescate y reubicación se aplicarán durante toda la preparación del sitio y construcción. Las acciones de restauración vegetal se mantendrán hasta asegurar el establecimiento de la cobertura vegetal. Las medidas de conservación de vegetación permanecerán durante toda la vida útil del Proyecto.
Medidas preventivas	Realización de recorridos de inspección previos al desmonte para identificar ejemplares de fauna, madrigueras, refugios temporales o nidos activos. Ejecución gradual y progresiva del desmonte para favorecer el desplazamiento natural de los organismos. Restricción de la circulación de maquinaria y personal a las áreas previamente delimitadas. Prohibición de cazar, perseguir, lesionar, extraer, comercializar o mantener en cautiverio ejemplares de fauna silvestre. Prohibición de destruir madrigueras, refugios o nidos activos. Capacitación e inducción ambiental al personal respecto a la protección de fauna silvestre.
Medidas de mitigación	Rescate y reubicación de organismos con movilidad reducida o limitada capacidad de desplazamiento hacia sitios con características ambientales similares. Conservación de vegetación periférica que funcione como refugio temporal y facilite el desplazamiento de fauna. Mantenimiento del orden y limpieza en las áreas de trabajo para evitar riesgos para la fauna silvestre.

	Implementación de medidas que permitan la salida de organismos que pudieran quedar atrapados en excavaciones temporales. Reducción de la perturbación derivada de las actividades constructivas.
Medidas de restauración	Limpieza de áreas temporalmente utilizadas para almacenamiento de materiales, maniobras e instalaciones provisionales. Restauración vegetal de superficies temporalmente afectadas mediante especies nativas o compatibles con las condiciones ambientales locales. Recuperación gradual de áreas con potencial para proporcionar refugio y alimentación a la fauna silvestre.
Medidas de compensación	Conservación de la vegetación periférica y de las áreas que permanezcan sin ocupar dentro del predio. Establecimiento de superficies revegetadas en áreas libres del Proyecto. Mantenimiento de espacios que favorezcan el refugio, desplazamiento y alimentación de fauna silvestre dentro del área de influencia del Proyecto.
Mecanismo de efectividad	Las medidas preventivas reducen la probabilidad de afectación directa a organismos mediante la detección temprana y control de las actividades de desmonte. Las medidas de mitigación disminuyen la mortalidad potencial y favorecen el desplazamiento natural de la fauna hacia áreas vecinas. Las acciones de restauración y compensación contribuyen a mantener refugios y conectividad ecológica local, reduciendo la magnitud del impacto sobre la fauna y el hábitat.
Indicadores de cumplimiento	Número de recorridos de inspección realizados. Registros de rescate y reubicación de fauna, cuando proceda. Evidencia fotográfica de inspecciones y acciones implementadas. Ausencia de incidentes relacionados con captura o afectación directa a fauna silvestre. Superficie de vegetación periférica conservada. Superficie revegetada en áreas temporalmente afectadas. Registros de capacitación ambiental impartida al personal.

Después de la aplicación de las medidas propuestas, se prevé que permanezca un impacto residual de baja magnitud asociado a la reducción permanente de una porción del hábitat disponible dentro de la superficie ocupada por la infraestructura de la subestación.

No obstante, debido a la disponibilidad de hábitats similares en áreas adyacentes, a la capacidad de desplazamiento de la mayoría de las especies potencialmente presentes y a la conservación de vegetación periférica dentro del predio, se considera que dicho impacto residual no comprometerá la permanencia de poblaciones de fauna silvestre ni la funcionalidad ecológica del sistema ambiental regional.

V.1.3 Suelo

El componente suelo constituye uno de los elementos ambientales con mayor susceptibilidad de afectación durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto. Los impactos identificados para este componente corresponden a la **compactación y modificación superficial del suelo (PS-03), riesgo de contaminación del suelo (PS-05), remoción y alteración puntual del suelo (C-01), compactación del terreno (C-02), alteración puntual del subsuelo (C-06), riesgo de contaminación por residuos de construcción (C-10)** y **riesgo de contaminación asociado a las actividades de mantenimiento y manejo de residuos durante la operación (OM-03 y OM-04).**

Entre éstos, los impactos de mayor relevancia corresponden a la **compactación y modificación superficial del suelo durante la preparación del sitio (-32)** y a la **compactación del terreno durante la construcción (-32),** ambos clasificados como impactos **moderados negativos** debido a su persistencia, extensión y recuperabilidad limitada en las áreas que serán ocupadas permanentemente por la infraestructura proyectada.

La afectación sobre el suelo se relaciona principalmente con las actividades de desmonte, despalme, nivelación, excavaciones, tránsito de maquinaria pesada, conformación de plataformas, construcción de cimentaciones y obras civiles asociadas al Proyecto. Estas actividades modifican temporal o permanentemente las condiciones físicas originales del terreno, particularmente en lo relativo a su estructura, porosidad, infiltración, estabilidad superficial y cobertura protectora.

Asimismo, durante las diferentes etapas del Proyecto existe la posibilidad de afectaciones derivadas del manejo inadecuado de residuos sólidos, residuos de manejo especial, residuos peligrosos, combustibles, aceites o lubricantes, los cuales podrían generar contaminación puntual del suelo en caso de derrames accidentales o disposición inadecuada.

Adicionalmente, debe considerarse que el área del Proyecto se localiza dentro de una región caracterizada por la presencia de materiales geológicos predominantemente calcáreos pertenecientes a la Provincia Fisiográfica **Karst y Lomeríos de Campeche**, donde los procesos de infiltración tienen una alta relevancia ambiental debido a la estrecha interacción existente entre el suelo, el subsuelo y el acuífero subyacente. En este contexto, la conservación de las propiedades físicas del suelo y la prevención de procesos de contaminación adquieren especial importancia, ya que cualquier alteración puede favorecer la movilización de contaminantes hacia horizontes más profundos del terreno.

No obstante, considerando la superficie relativamente limitada que será ocupada por la infraestructura eléctrica, así como la implementación de medidas preventivas, de mitigación, restauración y compensación ambiental, se prevé que los impactos sobre este componente permanezcan restringidos al área de ocupación directa del Proyecto y no comprometan la funcionalidad edáfica del sistema ambiental regional.

TABLA 33 MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL COMPONENTE SUELO

Concepto	Descripción
Impactos identificados	**Alteración física del suelo**, asociada a la compactación y modificación superficial del suelo (PS-03), remoción y alteración puntual del suelo (C-01), compactación del terreno (C-02) y alteración puntual del subsuelo (C-06), clasificados entre irrelevantes y moderados negativos. **Riesgo de contaminación del suelo**, asociado al manejo de combustibles, aceites, lubricantes y sustancias potencialmente contaminantes (PS-05 y OM-03). **Riesgo de contaminación por residuos**, asociado a la generación y manejo de residuos durante la construcción y operación del Proyecto (C-10 y OM-04).
Etapa de aplicación	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
Duración	Las medidas preventivas y de mitigación se aplicarán durante todo el periodo de preparación del sitio y construcción. Las acciones de control asociadas al manejo de residuos, mantenimiento de equipos y prevención de contaminación permanecerán durante toda la etapa de operación. Las acciones de restauración permanecerán hasta alcanzar condiciones estables de recuperación en las áreas temporalmente afectadas. Las medidas de compensación se mantendrán durante toda la vida útil del Proyecto.
Medidas preventivas	Delimitación física de las áreas destinadas al tránsito de maquinaria, almacenamiento temporal de materiales, excavaciones y obras auxiliares. Restricción del tránsito de maquinaria a rutas previamente definidas. Limitación de las actividades de despalme, excavación y nivelación a las superficies estrictamente necesarias para el Proyecto. Almacenamiento temporal de materiales de construcción y excavación en áreas previamente definidas. Prohibición de disposición directa sobre el suelo de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos peligrosos, aceites, lubricantes o solventes. Almacenamiento seguro de combustibles y sustancias químicas en recipientes adecuados. Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos para evitar fugas de combustibles, aceites o fluidos hidráulicos.
Medidas de mitigación	Minimización de superficies de suelo expuesto mediante ejecución progresiva de las obras. Recuperación y almacenamiento temporal del suelo superficial para su posterior reutilización. Implementación de medidas para reducir erosión hídrica y arrastre de sedimentos. Protección temporal de áreas expuestas mediante cobertura vegetal triturada u otras medidas de estabilización. Recolección, separación, almacenamiento temporal y disposición adecuada de residuos generados durante la construcción. Atención inmediata de derrames mediante contención, recuperación del material derramado y limpieza de áreas afectadas. Uso de materiales absorbentes para el control de contingencias y manejo adecuado de los residuos generados. Programa permanente de limpieza e inspección durante la operación del Proyecto.
Medidas de restauración	Retiro de residuos, materiales sobrantes, estructuras temporales y equipo fuera de uso al concluir las obras. Descompactación superficial de áreas temporalmente utilizadas durante la construcción. Reincorporación del suelo superficial previamente recuperado cuando sea técnicamente viable.

	Restauración vegetal de áreas temporalmente afectadas mediante especies nativas o compatibles con las condiciones ambientales locales. Recuperación gradual de las funciones físicas y ecológicas del suelo.
Medidas de compensación	Conservación de superficies libres de infraestructura permanente dentro del predio. Mantenimiento de áreas permeables que favorezcan la infiltración y retención de humedad. Restauración vegetal de superficies libres para contribuir a la protección superficial del suelo y disminuir procesos erosivos. Conservación de funciones ambientales asociadas al recurso edáfico mediante el mantenimiento de cobertura vegetal en áreas no ocupadas por infraestructura.
Mecanismo de efectividad	Las medidas preventivas reducen la superficie susceptible de afectación, controlan el tránsito de maquinaria y disminuyen la probabilidad de contaminación accidental. Las medidas de mitigación reducen los procesos de compactación, erosión y degradación física, además de minimizar el riesgo de contaminación derivado del manejo de residuos y sustancias potencialmente peligrosas. Las acciones de restauración favorecen la recuperación parcial de las propiedades físicas del suelo y las medidas de compensación contribuyen al mantenimiento de superficies permeables y funciones ambientales asociadas al recurso edáfico. Estas acciones permiten mantener la funcionalidad del suelo dentro del área de influencia del Proyecto.
Indicadores de cumplimiento	Superficie intervenida respecto de la superficie autorizada. Ausencia de tránsito de maquinaria fuera de las áreas delimitadas. Evidencia de delimitación de áreas de trabajo y rutas de circulación. Evidencia del manejo adecuado de materiales producto de excavación. Ausencia de derrames no controlados sobre el suelo. Registros de atención y control de contingencias por derrames. Registros de manejo y disposición de residuos generados durante la construcción y operación. Superficie restaurada al término de la construcción. Superficie revegetada en áreas temporalmente afectadas. Evidencia fotográfica de las acciones de restauración implementadas. Conservación de áreas permeables dentro del predio.

Aun con la aplicación de las medidas propuestas, permanecerá un impacto residual asociado a la ocupación permanente del suelo dentro de las áreas destinadas al desplante de la infraestructura eléctrica, así como una compactación localizada en superficies ocupadas por plataformas, cimentaciones y caminos internos.

Debido a que estas modificaciones forman parte inherente de la naturaleza del Proyecto, no es técnicamente posible restituir completamente las condiciones originales del suelo en dichas áreas.

Sin embargo, la conservación de superficies permeables, la restauración de áreas temporalmente afectadas, la restauración vegetal de zonas libres y la implementación de medidas permanentes de manejo ambiental permitirán que dicho impacto residual permanezca restringido al área de ocupación directa del Proyecto, sin afectar de manera significativa la funcionalidad edáfica del sistema ambiental regional.

V.1.4 Agua

V.1.4.1 Hidrología subterránea

El componente agua subterránea constituye uno de los elementos ambientales de mayor sensibilidad para el desarrollo del Proyecto, debido a las características geológicas y edafológicas del área de estudio. Los impactos identificados para este componente corresponden al riesgo de **contaminación del acuífero kárstico (C-03)**, al **riesgo asociado al manejo de aceites, lubricantes o sustancias potencialmente contaminantes** durante la construcción (**C-07**) y al **riesgo de contaminación** derivado de las actividades de mantenimiento durante la operación del Proyecto **(OM-03).** Siendo los de mayor relevancia los impactos de riesgo de contaminación del acuífero kárstico y al riesgo asociado al manejo de aceites y lubricantes, ambos con una importancia de **-30** y clasificados como impactos **moderados negativos**.

La vulnerabilidad de este componente se encuentra asociada a las características kársticas predominantes en la región, donde la presencia de materiales calcáreos favorece procesos de infiltración y reduce la capacidad natural de retención de contaminantes. En consecuencia, cualquier derrame accidental de combustibles, aceites, lubricantes o sustancias químicas podría representar un riesgo potencial para la calidad del agua subterránea.

No obstante, considerando que el Proyecto no contempla procesos industriales, almacenamiento permanente de combustibles ni descargas directas al subsuelo, y que se implementarán medidas específicas de prevención y control ambiental, se prevé que los impactos potenciales sobre el acuífero permanezcan bajo control y no comprometan la calidad del recurso hídrico regional.

TABLA 34 MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL COMPONENTE AGUA SUBTERRÁNEA

Concepto	Descripción
Impactos identificados	**Riesgo de contaminación del acuífero kárstico (C-03)**, clasificado como moderado negativo (-30). **Riesgo por manejo de aceites, lubricantes o sustancias asociadas (C-07)**, clasificado como moderado negativo (-30). **Riesgo de contaminación por mantenimiento (OM-03)**, clasificado como irrelevante negativo (-20).
Etapa de aplicación	Construcción, operación y mantenimiento.
Duración	Durante toda la construcción y durante toda la vida útil del Proyecto.
Medidas preventivas	Prohibición del mantenimiento mayor de maquinaria dentro del área del Proyecto. Almacenamiento temporal de aceites, lubricantes y sustancias químicas en recipientes cerrados y en condiciones seguras. Inspección periódica de maquinaria y equipos para detectar fugas. Capacitación del personal sobre prevención y atención de contingencias ambientales. Delimitación de áreas destinadas al manejo temporal de sustancias potencialmente contaminantes.

Medidas de mitigación	Disponibilidad permanente de materiales absorbentes y equipo para atención de derrames. Atención inmediata de fugas o derrames mediante contención y recuperación del material derramado. Retiro del material contaminado cuando resulte necesario. Manejo adecuado de residuos peligrosos generados durante la construcción y mantenimiento. Programa de inspección y mantenimiento preventivo de equipos.
Medidas de restauración	Limpieza inmediata de áreas afectadas por derrames accidentales. Retiro y manejo adecuado de materiales contaminados. Restablecimiento de las condiciones originales del área afectada cuando técnicamente sea viable.
Medidas de compensación	No aplica. Debido a que la protección del acuífero se basa fundamentalmente en medidas preventivas, de mitigación y correctivas orientadas a evitar la contaminación del recurso hídrico subterráneo.
Mecanismo de efectividad	Las medidas preventivas reducen significativamente la probabilidad de liberación accidental de sustancias contaminantes. Las medidas de mitigación permiten una respuesta inmediata ante contingencias, minimizando la infiltración de contaminantes hacia el subsuelo. Las acciones de restauración contribuyen a eliminar fuentes potenciales de contaminación, manteniendo la calidad del acuífero.
Indicadores de cumplimiento	Ausencia de derrames no controlados. Registros de inspección y mantenimiento de equipos. Evidencia de disponibilidad de material absorbente. Registros de capacitación ambiental. Registros de manejo y disposición de residuos peligrosos. Número de incidentes ambientales atendidos oportunamente.

Pese a la implementación de las medidas propuestas, permanecerá un riesgo residual bajo asociado a la posibilidad de contingencias accidentales durante las actividades de construcción, operación y mantenimiento. Sin embargo, debido a la naturaleza preventiva de las medidas planteadas y a la baja probabilidad de ocurrencia de eventos de contaminación, se considera que dicho impacto residual no comprometerá la calidad del acuífero ni la funcionalidad hidrológica regional.

V.1.4.2 Hidrología superficial

Con respecto al componente hidrología superficial se identificó un impacto asociado a la modificación local de los procesos de **infiltración** y **escurrimiento superficial (C-04),** el cual obtuvo una importancia de **-28** y fue clasificado como un impacto **moderado negativo**.

Este impacto se relaciona principalmente con las actividades de preparación del sitio y construcción, particularmente con el desmonte, despalme, nivelación del terreno, construcción de cimentaciones, conformación de plataformas y establecimiento de superficies ocupadas por infraestructura eléctrica. Estas actividades pueden modificar temporalmente las condiciones naturales de infiltración y escurrimiento del agua de lluvia dentro del área de ocupación directa del Proyecto.

La afectación potencial se asocia a la disminución localizada de superficies permeables, al incremento temporal de áreas con suelo expuesto y a la modificación de las condiciones microtopográficas del terreno, factores que pueden alterar la dirección y velocidad del escurrimiento superficial durante eventos de precipitación.

No obstante, debido a que el Proyecto ocupa una superficie reducida dentro del contexto regional y a que no contempla la obstrucción de cauces naturales, cuerpos de agua superficiales o zonas de escurrimiento de importancia regional, se prevé que los efectos sobre la hidrología superficial permanezcan limitados al área de influencia inmediata del Proyecto.

TABLA 35 MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL COMPONENTE HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Concepto	Descripción
Impactos identificados	**Modificación local de infiltración y escurrimiento superficial (C-04)**, clasificado como moderado negativo (-28).
Etapa de aplicación	Preparación del sitio, construcción y operación.
Duración	Durante las actividades de preparación del sitio y construcción, así como durante toda la etapa de operación para las medidas relacionadas con el mantenimiento de superficies permeables y drenaje pluvial.
Medidas preventivas	Delimitación de las áreas de trabajo para evitar afectaciones innecesarias fuera de la superficie autorizada. Restricción de movimientos de tierra a las áreas estrictamente requeridas para la construcción de la infraestructura. Conservación, en la medida de lo técnicamente posible, de áreas permeables dentro del predio. Prohibición de depositar materiales o residuos que obstruyan el drenaje natural del terreno. Planeación de las obras para evitar modificaciones innecesarias de la topografía natural.
Medidas de mitigación	Implementación de obras de drenaje pluvial y conducción de escurrimientos cuando resulte necesario. Conservación de pendientes que favorezcan el desalojo controlado de aguas pluviales. Protección temporal de superficies expuestas para reducir erosión y arrastre de sedimentos. Retiro oportuno de materiales susceptibles de obstruir el flujo natural del agua.• Mantenimiento periódico de las áreas de drenaje y escurrimiento dentro del Proyecto.
Medidas de restauración	Limpieza de áreas temporalmente utilizadas durante la construcción. Restablecimiento de condiciones adecuadas de infiltración en áreas que no formen parte de la infraestructura permanente. Revegetación de superficies temporalmente afectadas para favorecer la infiltración y disminuir procesos erosivos. Estabilización de áreas expuestas mediante cobertura vegetal o medidas equivalentes cuando sea necesario.
Medidas de compensación	Conservación de áreas permeables dentro del predio que favorezcan la infiltración natural del agua de lluvia.

	Mantenimiento de cobertura vegetal en superficies libres de infraestructura permanente. Restauración vegetal de áreas no ocupadas por instalaciones para favorecer procesos de infiltración y disminuir el escurrimiento superficial.
Mecanismo de efectividad	Las medidas preventivas reducen la alteración innecesaria de las condiciones naturales del terreno y limitan la superficie susceptible de modificación. Las medidas de mitigación favorecen el manejo adecuado de los escurrimientos pluviales, reducen procesos erosivos y minimizan la alteración de los patrones locales de drenaje. Las acciones de restauración y compensación contribuyen a mantener superficies permeables y cobertura vegetal, favoreciendo los procesos naturales de infiltración y disminuyendo la generación de escurrimientos superficiales concentrados.
Indicadores de cumplimiento	Ausencia de obstrucciones en áreas de drenaje y escurrimiento. Conservación de superficies permeables dentro del predio. Evidencia de mantenimiento de obras de drenaje pluvial. Superficie revegetada en áreas temporalmente afectadas. Ausencia de procesos erosivos significativos asociados a las actividades del Proyecto. Evidencia fotográfica de las medidas implementadas.

Aun con la aplicación de las medidas propuestas, permanecerá un impacto residual asociado a la modificación localizada de los procesos de infiltración y escurrimiento superficial dentro de las áreas ocupadas permanentemente por la infraestructura eléctrica.

Sin embargo, debido a la conservación de superficies permeables, al mantenimiento de cobertura vegetal en áreas libres y a la implementación de medidas de manejo pluvial, se prevé que dicho impacto residual permanezca restringido al área de ocupación directa del Proyecto, sin alterar significativamente los patrones hidrológicos del entorno ni afectar la funcionalidad hidrológica regional.

V.1.5 Paisaje

Conforme a la matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales, para el componente paisaje se identificaron dos impactos asociados a las actividades de construcción del Proyecto: la incorporación de **elementos artificiales permanentes al entorno (C-05)** y la **modificación visual derivada de la infraestructura eléctrica (C-08)**, ambos con una importancia de **-34** y clasificados como impactos **moderados negativos**.

Estos impactos se originan principalmente por la instalación de estructuras, equipos electromecánicos, cimentaciones, cercado perimetral y demás elementos necesarios para la operación de la **Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul.** La presencia de esta infraestructura implica una modificación permanente de las condiciones visuales existentes en el sitio, al sustituir parcialmente la cobertura vegetal por elementos de carácter antrópico.

La afectación paisajística se considera permanente debido a que la infraestructura permanecerá durante toda la vida útil del Proyecto. Sin embargo, su magnitud se encuentra limitada por la escala de la obra, la

superficie relativamente reducida de ocupación y la presencia de vegetación secundaria arbórea en áreas circundantes que contribuyen a amortiguar parcialmente el contraste visual generado.

Asimismo, debido a que el Proyecto se ubica en un entorno previamente influenciado por actividades antrópicas y no se localiza dentro de áreas naturales protegidas, zonas con alto valor escénico o sitios de interés turístico relevante, se prevé que la modificación visual permanezca restringida al entorno inmediato del Proyecto sin afectar significativamente la calidad paisajística a escala regional.

TABLA 36 MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL COMPONENTE PAISAJE

Concepto	Descripción
Impactos identificados	**Incorporación de elementos artificiales permanentes al entorno (C-05)**, clasificado como moderado negativo (-34). **Modificación visual por infraestructura eléctrica (C-08)**, clasificado como moderado negativo (-34).
Etapa de aplicación	Construcción, operación y mantenimiento.
Duración	Durante la construcción y durante toda la vida útil del Proyecto.
Medidas preventivas	Delimitación de las áreas de trabajo para evitar afectaciones innecesarias fuera de la superficie autorizada. Restricción de las actividades constructivas a las áreas estrictamente requeridas para el desarrollo del Proyecto. Conservación de la vegetación periférica que no interfiera con la operación y seguridad de la infraestructura eléctrica. Planeación adecuada de áreas de almacenamiento temporal de materiales y equipo para minimizar alteraciones visuales innecesarias durante la construcción.
Medidas de mitigación	Mantenimiento permanente del orden y limpieza dentro del predio. Retiro oportuno de residuos, materiales sobrantes, empaques y estructuras temporales utilizadas durante la construcción. Conservación de áreas con cobertura vegetal dentro del predio cuando sean compatibles con la operación de la subestación. Mantenimiento periódico de la infraestructura para evitar deterioro visual derivado de corrosión, acumulación de residuos o falta de conservación. Control de vegetación invasora o crecimiento desordenado que pueda afectar la integración visual del sitio.
Medidas de restauración	Limpieza integral de áreas temporalmente utilizadas durante la construcción. Retiro de instalaciones provisionales una vez concluidas las obras. Revegetación de áreas temporalmente afectadas que no formen parte de la infraestructura permanente. Recuperación de la cobertura vegetal en espacios libres dentro del predio cuando resulte técnicamente viable.
Medidas de compensación	Conservación de vegetación periférica como elemento de integración paisajística. Establecimiento y mantenimiento de áreas verdes en superficies libres de infraestructura permanente. Revegetación con especies nativas o adaptadas a las condiciones ambientales de la región.

	Mantenimiento de espacios con cobertura vegetal que contribuyan a disminuir el contraste visual entre la infraestructura eléctrica y el entorno circundante.
Mecanismo de efectividad	Las medidas preventivas limitan la extensión de la alteración visual al área estrictamente necesaria para el Proyecto. Las medidas de mitigación reducen el contraste visual generado por la infraestructura mediante el mantenimiento de condiciones adecuadas de orden, limpieza y conservación. Las acciones de restauración permiten recuperar áreas temporalmente afectadas durante la construcción, mientras que las medidas de compensación favorecen la integración visual del Proyecto mediante la conservación y establecimiento de cobertura vegetal. Estas acciones disminuyen la magnitud de la modificación paisajística y favorecen la armonización de la infraestructura con el entorno local.
Indicadores de cumplimiento	Conservación de vegetación periférica dentro del predio. Superficie revegetada en áreas temporalmente afectadas. Ausencia de acumulación permanente de residuos o materiales sobrantes. Evidencia de mantenimiento periódico de la infraestructura. Existencia de áreas verdes o superficies con cobertura vegetal dentro del predio. Evidencia fotográfica de las medidas de integración paisajística implementadas.

Pese a la implementación de las medidas propuestas, permanecerá un impacto residual asociado a la presencia permanente de la infraestructura eléctrica dentro del paisaje local. Debido a la naturaleza del Proyecto, no es técnicamente posible eliminar por completo la modificación visual derivada de la instalación de estructuras, equipos y obras asociadas.

No obstante, la conservación de vegetación periférica, el mantenimiento de áreas verdes, la restauración de superficies temporalmente afectadas y las acciones permanentes de orden y limpieza permitirán reducir el contraste visual generado por el Proyecto. En consecuencia, se prevé que el impacto residual permanezca limitado al entorno inmediato de la subestación, sin afectar de manera significativa la calidad paisajística ni la funcionalidad ambiental del sistema regional.

V.1.6 Aire, ruido y manejo de residuos

De acuerdo con la matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento se identificaron impactos asociados a la emisión de polvo y material particulado, generación de gases de combustión, incremento temporal de los niveles de ruido y generación de residuos.

Los impactos identificados para estos componentes corresponden a la emisión de polvo y material particulado (**PS-03**), emisiones de gases de combustión (**PS-04**), incremento temporal de niveles sonoros (**PS-04**), generación de polvo, gases y ruido temporal durante la construcción (**C-09**), emisiones y ruido de baja intensidad durante la operación (**OM-05**), riesgo de contaminación por residuos de construcción (**C-10**) y riesgo de contaminación por residuos durante la operación (**OM-04**).

De acuerdo con la valoración realizada mediante la matriz de impactos, estos fueron clasificados como impactos **irrelevantes negativos**, debido a su carácter temporal, local, reversible y susceptible de control mediante la aplicación de medidas de manejo ambiental de carácter preventivo y operativo.

Las emisiones atmosféricas previstas estarán asociadas principalmente al tránsito de maquinaria y vehículos, movimiento de materiales, excavaciones y actividades constructivas. Por su parte, los incrementos de ruido estarán relacionados con la operación temporal de maquinaria, equipos y vehículos durante la construcción, mientras que la generación de residuos corresponderá a residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos asociados a las actividades de mantenimiento.

Considerando la magnitud de las obras, la duración limitada de las actividades constructivas y la aplicación de medidas de control ambiental, se prevé que las afectaciones sobre estos componentes permanezcan restringidas al área de influencia inmediata del Proyecto.

TABLA 37 MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN Y CONTROL PARA LA CALIDAD DEL AIRE, RUIDO AMBIENTAL Y MANEJO DE RESIDUOS

Concepto	Descripción
Impactos identificados	**Emisión de polvo y material particulado (PS-03)**, clasificado como irrelevante negativo (-19). **Emisiones de gases de combustión (PS-04)**, clasificado como irrelevante negativo (-16). **Incremento temporal de niveles sonoros (PS-04),** clasificado como irrelevante negativo (-19). **Polvo, gases y ruido temporal durante la construcción (C-09)**, clasificado como irrelevante negativo (-19). **Emisiones y ruido de baja intensidad durante la operación (OM-05)**, clasificado como irrelevante negativo (-13). **Riesgo de contaminación por residuos de construcción (C-10)**, clasificado como irrelevante negativo (-18). **Riesgo de contaminación por residuos durante la operación (OM-04),** clasificado como irrelevante negativo (-19).
Etapa de aplicación	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
Duración	Durante toda la ejecución de las obras y durante la operación y mantenimiento del Proyecto.
Medidas preventivas	Mantenimiento preventivo de maquinaria, vehículos y equipos utilizados durante la construcción. Verificación periódica del adecuado funcionamiento de motores y sistemas de combustión. Restricción de actividades a los horarios de trabajo establecidos. Delimitación de áreas de almacenamiento temporal de materiales y residuos. Instalación de recipientes adecuados para la separación y almacenamiento temporal de residuos. Prohibición de la quema de residuos o material vegetal dentro del predio.
Medidas de mitigación y control	Humectación periódica de superficies con suelo expuesto cuando las condiciones climáticas lo requieran. Cobertura o control de materiales susceptibles de generar dispersión de partículas. Reducción de velocidades de circulación de vehículos dentro del área del Proyecto. Apagado de motores cuando los equipos permanezcan inactivos por periodos prolongados.

	Utilización de maquinaria en condiciones adecuadas de operación para minimizar emisiones y ruido. Recolección, separación y almacenamiento temporal de residuos en recipientes identificados. Retiro periódico de residuos por empresas o servicios autorizados, según corresponda. Mantenimiento permanente de condiciones de orden y limpieza en las áreas de trabajo.
Medidas de restauración	Limpieza de áreas utilizadas temporalmente durante la construcción. Retiro de residuos, materiales sobrantes y estructuras provisionales al concluir las obras. Disposición final de residuos conforme a la normatividad aplicable.
Medidas de compensación	Debido a que los impactos identificados son temporales, reversibles y susceptibles de control mediante medidas preventivas y de mitigación, no se considera necesaria la implementación de medidas de compensación ambiental específicas.
Mecanismo de efectividad	Las medidas preventivas disminuyen la generación de emisiones atmosféricas, ruido y residuos desde la fuente de origen. Las medidas de mitigación reducen la dispersión de partículas, controlan los niveles de ruido y aseguran el manejo adecuado de los residuos generados durante las diferentes etapas del Proyecto. Las acciones de limpieza y disposición adecuada evitan la acumulación de materiales que pudieran generar afectaciones secundarias al ambiente.
Indicadores de cumplimiento	Evidencia de mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos. Ausencia de quemas dentro del área del Proyecto. Evidencia de humectación de áreas expuestas cuando resulte necesaria. Registros de recolección y disposición de residuos. Existencia de recipientes para almacenamiento temporal de residuos. Ausencia de acumulación de residuos fuera de las áreas designadas. Evidencia fotográfica de las condiciones de orden y limpieza en el sitio.

Una vez aplicadas las medidas propuestas, se prevé que los impactos residuales sobre la calidad del aire, el ambiente sonoro y el manejo de residuos sean mínimos y de carácter temporal. Las emisiones atmosféricas y el ruido asociados a la operación de la subestación serán de baja intensidad y permanecerán dentro de las condiciones normales de funcionamiento de la infraestructura.

Asimismo, el manejo adecuado de los residuos generados durante la construcción, operación y mantenimiento permitirá evitar afectaciones ambientales significativas. En consecuencia, no se prevé que los impactos residuales asociados a estos componentes comprometan la calidad ambiental del área de influencia ni la funcionalidad del sistema ambiental regional.

VI PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VI.1 Pronóstico del escenario ambiental

El pronóstico ambiental del Proyecto se formuló a partir de la caracterización ambiental del sitio, la identificación y evaluación de impactos realizada mediante la matriz de impactos, el análisis de los impactos residuales y la aplicación de las medidas preventivas, de mitigación, restauración y compensación propuestas en el Capítulo VI.

La proyección considera la evolución esperada de los componentes ambientales presentes en el área de influencia del Proyecto, así como la interacción entre las actividades constructivas y operativas de la **Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul** con los elementos físicos, bióticos y paisajísticos del entorno.

Para tal efecto se analizaron tres escenarios potenciales:

i. escenario sin el Proyecto;
ii. escenario con el Proyecto sin la aplicación de medidas ambientales; y
iii. escenario con el Proyecto y la implementación de las medidas propuestas.

VI.1.1 Escenario sin el Proyecto

Bajo un escenario donde el Proyecto no sea ejecutado, el área propuesta para la construcción mantendría las condiciones ambientales actualmente presentes, caracterizadas por la existencia de Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia, suelos con cobertura vegetal discontinua y procesos naturales de infiltración y escurrimiento asociados a las condiciones fisiográficas y geológicas de la región.

La vegetación existente continuaría desarrollando los procesos naturales de sucesión secundaria que actualmente ocurren en el sitio. Considerando que la comunidad vegetal observada corresponde a vegetación secundaria y no a ecosistemas primarios o con alto grado de conservación, es previsible que continúe presentando cambios graduales en composición, estructura y cobertura derivados de la competencia natural entre especies y de las perturbaciones de origen antrópico presentes en el entorno regional.
La fauna silvestre seguiría utilizando el área como espacio de tránsito, alimentación ocasional y refugio temporal. No obstante, las características actuales del sitio indican que éste no constituye un área crítica para la conservación de especies, corredores biológicos regionales o zonas prioritarias para la reproducción de fauna silvestre. En consecuencia, la dinámica faunística continuaría desarrollándose bajo condiciones similares a las observadas actualmente.

En relación con el suelo, permanecerían los procesos naturales de infiltración, retención de humedad, intercambio de nutrientes y desarrollo de cobertura vegetal. Las características físicas del suelo

continuarían reguladas por la interacción entre vegetación, precipitación, escurrimiento superficial y actividad biológica. Debido a las características kársticas predominantes en la región, el agua de lluvia continuaría infiltrándose hacia el subsuelo mediante los procesos naturales que actualmente regulan la recarga del acuífero. Asimismo, los escurrimientos superficiales continuarían presentándose de manera estacional y dispersa, sin modificaciones relevantes en sus patrones de comportamiento.

Desde el punto de vista paisajístico, la configuración visual del sitio permanecería dominada por elementos naturales y seminaturales asociados a la vegetación secundaria existente, conservándose la percepción visual actual del entorno.

Sin embargo, la ausencia del Proyecto implicaría también la permanencia de las condiciones actuales de la infraestructura eléctrica regional. En consecuencia, no se materializarían los beneficios asociados al fortalecimiento de la red eléctrica, al incremento en la confiabilidad del suministro y a la mejora de la capacidad operativa del sistema eléctrico regional identificados durante la evaluación ambiental.

Por lo anterior, aunque el escenario sin Proyecto supone la conservación de las condiciones ambientales actuales del predio, también implica renunciar a los beneficios sociales, económicos y de infraestructura asociados al fortalecimiento del sistema eléctrico regional, manteniéndose sin cambios la situación operativa existente.

VI.1.2 Escenario con el Proyecto sin aplicación de medidas ambientales

En un escenario hipotético donde el Proyecto fuera ejecutado sin la implementación de medidas preventivas, de mitigación, restauración y compensación ambiental, los impactos identificados durante la evaluación ambiental alcanzarían una magnitud significativamente mayor, incrementando la presión sobre los componentes físicos, bióticos y paisajísticos del sistema ambiental.

La preparación del sitio implicaría la remoción total de la Vegetación Secundaria Arbórea presente dentro de la superficie requerida para la construcción de la **Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul.** Sin la delimitación de áreas de trabajo y sin criterios de conservación de vegetación periférica, existiría una mayor probabilidad de afectar superficies adicionales a las estrictamente necesarias para la obra, incrementando la pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación de la vegetación remanente.
La eliminación de la cobertura vegetal reduciría la capacidad del terreno para interceptar la precipitación, regular la temperatura superficial y proteger el suelo contra la acción directa de la lluvia y el viento. Asimismo, disminuiría la producción local de materia orgánica y la incorporación de nutrientes al suelo, afectando los procesos ecológicos que actualmente contribuyen al mantenimiento de la cobertura vegetal secundaria.

La alteración de la vegetación tendría efectos directos sobre la fauna silvestre asociada al sitio. La ausencia de medidas de inspección, rescate y protección incrementaría la probabilidad de afectación directa a organismos de baja movilidad que pudieran encontrarse en madrigueras, refugios temporales o sitios de

alimentación al momento de ejecutarse las actividades de desmonte y despalme. Aunque durante la caracterización ambiental no se identificaron especies incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT, la pérdida de cobertura vegetal provocaría una reducción de refugios y sitios de alimentación para la fauna local, favoreciendo su desplazamiento hacia áreas vecinas y aumentando temporalmente la competencia por espacio y recursos.

Sobre el componente suelo, la ausencia de medidas de manejo ambiental propiciaría una mayor compactación derivada del tránsito continuo y desordenado de maquinaria pesada y vehículos de construcción. Esta condición ocasionaría una disminución de la porosidad natural del suelo, reduciendo su capacidad de infiltración y favoreciendo el incremento del escurrimiento superficial. Adicionalmente, la exposición directa del suelo a los agentes climáticos aumentaría la susceptibilidad a procesos erosivos, particularmente durante los eventos de precipitación característicos de la región. La degradación física del suelo podría verse agravada por el almacenamiento inadecuado de materiales de construcción, residuos y sustancias potencialmente contaminantes. La ausencia de procedimientos específicos para el manejo de combustibles, aceites, lubricantes y residuos incrementaría el riesgo de derrames accidentales y la incorporación de contaminantes al suelo.

Esta situación adquiere especial relevancia debido a las características geológicas del área, donde predominan materiales calcáreos asociados a sistemas kársticos. En este tipo de ambientes, los contaminantes pueden infiltrarse con relativa facilidad hacia niveles más profundos del subsuelo, incrementando el riesgo potencial de afectación al acuífero. Aunque la probabilidad de ocurrencia de eventos de contaminación severa es baja, la ausencia de medidas preventivas incrementaría significativamente la vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo.

En relación con la hidrología superficial, la remoción de vegetación, la compactación del terreno y la ocupación de superficies permeables sin medidas de control favorecerían la modificación de los patrones naturales de infiltración y escurrimiento. Durante eventos de lluvia intensa podrían generarse mayores volúmenes de escurrimiento superficial, incrementando el potencial de arrastre de partículas de suelo y favoreciendo procesos erosivos localizados. Si bien no se identifican cuerpos de agua superficiales permanentes dentro del área del Proyecto, estos cambios podrían modificar temporalmente la dinámica hidrológica local.

La calidad del aire también podría verse afectada por la ausencia de controles operativos durante las etapas de preparación del sitio y construcción. El movimiento de maquinaria, la circulación de vehículos y las actividades de excavación generarían emisiones de polvo y partículas suspendidas en mayor magnitud, particularmente durante la temporada seca. De igual forma, las emisiones de gases de combustión derivadas del funcionamiento de maquinaria y vehículos podrían incrementarse ante la falta de programas de mantenimiento preventivo.

Respecto al ambiente sonoro, la operación simultánea de maquinaria pesada, equipos de construcción y vehículos produciría incrementos temporales en los niveles de ruido ambiental. Aunque estos efectos

tendrían un carácter local y temporal, la ausencia de controles operativos aumentaría la intensidad de la perturbación durante la etapa constructiva.

Desde la perspectiva paisajística, la ejecución de las obras sin medidas de ordenamiento ambiental produciría una transformación visual más evidente del entorno. La presencia de áreas desprovistas de vegetación, materiales de construcción dispersos, residuos acumulados, excavaciones sin restaurar y superficies alteradas generaría un mayor contraste entre los elementos naturales y la infraestructura proyectada. Esta situación ocasionaría una disminución de la calidad visual del paisaje durante las etapas de construcción e incluso durante la operación, en caso de no implementarse acciones de integración paisajística.

En términos generales, la ausencia de medidas ambientales reduciría la capacidad de recuperación del sistema, incrementaría la magnitud y permanencia de los impactos identificados y aumentaría la probabilidad de afectaciones secundarias sobre los recursos naturales presentes en el área de influencia. Bajo este escenario, los impactos negativos alcanzarían una intensidad superior a la estimada en la evaluación ambiental, generando una condición menos favorable para la conservación de los componentes ambientales locales y disminuyendo la compatibilidad del Proyecto con las características del sistema ambiental donde se pretende desarrollar.

VI.1.3 Escenario con el Proyecto y aplicación de las medidas ambientales propuestas

La ejecución del Proyecto bajo el esquema de manejo ambiental planteado en la presente Manifestación de Impacto Ambiental permitirá reducir significativamente la magnitud, extensión y permanencia de los impactos identificados durante el proceso de evaluación ambiental, favoreciendo la conservación de la funcionalidad ecológica del sistema ambiental y la compatibilidad de la infraestructura proyectada con las características del entorno.

A diferencia del escenario descrito sin medidas ambientales, la implementación de acciones preventivas desde la etapa de preparación del sitio permitirá controlar las fuentes de impacto desde su origen, limitando las afectaciones exclusivamente a las áreas requeridas para el establecimiento y operación de la **Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul.**

En el componente vegetación, la delimitación previa de las áreas de trabajo y la restricción de las actividades de desmonte a la superficie estrictamente necesaria permitirán reducir la pérdida innecesaria de cobertura vegetal. La conservación de vegetación periférica favorecerá la permanencia de elementos estructurales del ecosistema original, manteniendo parcialmente funciones relacionadas con la protección del suelo, regulación microclimática, infiltración de agua de lluvia y provisión de refugio para fauna silvestre.
Asimismo, las acciones de restauración y revegetación previstas para áreas temporalmente afectadas contribuirán a recuperar parcialmente la cobertura vegetal en zonas que no formen parte de la

infraestructura permanente, favoreciendo la reincorporación gradual de funciones ecológicas asociadas a la vegetación secundaria presente en el entorno.

En relación con la fauna silvestre y el hábitat, la aplicación de recorridos de inspección previos al desmonte, la ejecución gradual de las actividades de remoción de vegetación y la implementación de acciones de rescate y reubicación cuando resulte necesario, permitirán disminuir significativamente la probabilidad de afectaciones directas a organismos presentes en el área de influencia inmediata del Proyecto. La conservación de vegetación periférica y la permanencia de hábitats similares en los alrededores favorecerán el desplazamiento temporal de organismos hacia áreas vecinas, reduciendo la probabilidad de aislamiento poblacional o pérdida significativa de hábitat. Debido a que no se identificaron especies sujetas a protección especial conforme a la NOM-059-SEMARNAT vigente, ni áreas críticas para la conservación de fauna silvestre, se prevé que la capacidad de recuperación del componente biológico permanezca elevada una vez concluidas las actividades constructivas.

Respecto al componente suelo, las medidas orientadas al control del tránsito de maquinaria, delimitación de áreas de trabajo, almacenamiento adecuado de materiales y manejo responsable de residuos permitirán reducir los procesos de compactación y degradación física únicamente a las superficies indispensables para la construcción de la infraestructura. La recuperación y reutilización del suelo superficial en áreas susceptibles de restauración, junto con las acciones de revegetación previstas, favorecerán la recuperación parcial de las propiedades físicas y ecológicas del suelo en zonas temporalmente intervenidas. Aunque la ocupación permanente del terreno constituye un impacto inevitable asociado a la naturaleza del Proyecto, su magnitud permanecerá limitada al área de desplante de las instalaciones eléctricas.

En el componente agua subterránea, la implementación de procedimientos específicos para el manejo de combustibles, aceites, lubricantes y demás sustancias potencialmente contaminantes reducirá significativamente la probabilidad de afectación al acuífero kárstico subyacente. La disponibilidad permanente de materiales absorbentes, la atención inmediata de contingencias ambientales, el mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos, así como la adecuada gestión de residuos peligrosos, permitirán minimizar el riesgo de infiltración de contaminantes hacia el subsuelo. En consecuencia, se prevé que las condiciones de calidad del agua subterránea permanezcan compatibles con la dinámica ambiental regional durante todas las etapas del Proyecto.

Por otra parte, la conservación de áreas permeables dentro del predio y la restauración vegetal de superficies temporalmente afectadas contribuirán a mantener los procesos naturales de infiltración de agua de lluvia, favoreciendo la continuidad de los mecanismos de recarga del acuífero presentes en la región. En cuanto a la hidrología superficial, la aplicación de medidas dirigidas a controlar la erosión, estabilizar superficies expuestas y conservar condiciones adecuadas de drenaje permitirá disminuir las modificaciones potenciales sobre los patrones locales de escurrimiento. La ocupación permanente de una porción del terreno generará cambios localizados en los procesos de infiltración y escurrimiento; sin

embargo, la magnitud de dichas modificaciones permanecerá restringida al área ocupada por la infraestructura, sin alterar significativamente la dinámica hidrológica regional.

Respecto a la calidad del aire y al ambiente sonoro, las acciones de mantenimiento preventivo de maquinaria, humectación de superficies expuestas cuando resulte necesario, control de velocidades de circulación y manejo adecuado de materiales permitirán reducir la generación de polvo, emisiones atmosféricas y ruido durante la etapa constructiva. Debido a que estos impactos fueron clasificados como irrelevantes negativos en la evaluación ambiental, se prevé que sus efectos sean temporales, localizados y completamente reversibles una vez concluidas las obras.

De igual manera, la correcta separación, almacenamiento temporal y disposición final de los residuos generados durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento permitirá evitar afectaciones secundarias sobre suelo, agua, vegetación o paisaje, manteniendo condiciones adecuadas de orden y limpieza dentro del área del Proyecto.

Desde el punto de vista paisajístico, la presencia de la subestación eléctrica generará una modificación visual permanente asociada a la incorporación de estructuras, equipos y elementos propios de la infraestructura eléctrica. No obstante, la conservación de vegetación periférica, la restauración de áreas temporalmente afectadas y el mantenimiento de espacios con cobertura vegetal contribuirán a disminuir el contraste visual entre las instalaciones y el entorno circundante, favoreciendo una integración gradual del Proyecto dentro del paisaje local.

Como resultado de la aplicación conjunta de las medidas preventivas, de mitigación, restauración y compensación propuestas, la mayoría de los impactos identificados reducirán su magnitud a niveles ambientalmente aceptables. Los impactos residuales permanecerán asociados principalmente a la ocupación permanente del terreno, la pérdida localizada de cobertura vegetal dentro de la superficie de desplante, la modificación visual derivada de la infraestructura eléctrica y cambios puntuales en los procesos de infiltración y escurrimiento.

Sin embargo, dichos impactos residuales permanecerán confinados al área de influencia directa del Proyecto, sin afectar de manera significativa la estructura, funcionalidad o capacidad de recuperación de los ecosistemas presentes en el sistema ambiental regional. Por tanto, el escenario resultante refleja un sistema ambiental que conserva sus principales funciones ecológicas e hidrológicas, donde la infraestructura proyectada coexiste con los elementos naturales del entorno bajo condiciones de manejo ambiental controlado. Adicionalmente, este escenario incorpora beneficios permanentes asociados al fortalecimiento de la red eléctrica regional, al incremento de la confiabilidad del suministro de energía y al mejoramiento de las condiciones de operación del sistema eléctrico, generando un balance favorable entre desarrollo de infraestructura y conservación ambiental.

VI.1.4 Escenario ambiental esperado al término de la estabilización del sistema

Considerando la aplicación integral de las medidas preventivas, de mitigación, restauración y compensación propuestas, así como la capacidad natural de recuperación de los componentes ambientales presentes en el área de influencia del Proyecto, se prevé que durante la etapa de operación se alcance una condición de estabilidad ambiental compatible con la permanencia de la infraestructura proyectada y con el funcionamiento normal de los procesos ecológicos predominantes en el sistema ambiental.

Una vez concluidas las actividades de preparación del sitio y construcción, cesarán las principales fuentes de perturbación temporal asociadas a la remoción de vegetación, movimiento de maquinaria, excavaciones, generación de polvo, emisiones atmosféricas, ruido y tránsito constante de personal y equipo. Como consecuencia, los componentes ambientales comenzarán un proceso gradual de estabilización que permitirá la consolidación de las condiciones ambientales resultantes de la ejecución del Proyecto.

En el componente vegetación, las áreas sujetas a restauración y revegetación evolucionarán progresivamente hacia condiciones estables de cobertura vegetal, favoreciendo la recuperación parcial de funciones ecológicas relacionadas con la protección del suelo, regulación microclimática, infiltración de agua de lluvia y provisión de refugio para fauna silvestre. Aunque la vegetación removida dentro del área ocupada permanentemente por la infraestructura no podrá recuperarse debido a la naturaleza propia del Proyecto, la conservación de vegetación periférica y de superficies libres permitirá mantener elementos representativos de la cobertura vegetal original del sitio.

Desde el punto de vista faunístico, una vez finalizadas las actividades constructivas disminuirán considerablemente los factores de perturbación asociados a la presencia de maquinaria, ruido y movimiento constante de personal. En consecuencia, la fauna silvestre presente en el entorno continuará utilizando las áreas conservadas y los ambientes disponibles dentro y alrededor del predio para actividades de desplazamiento, refugio y alimentación. Considerando la disponibilidad de hábitats similares en zonas adyacentes y la ausencia de especies registradas bajo alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT vigente, se prevé que las poblaciones locales mantengan condiciones de estabilidad compatibles con la dinámica natural del ecosistema.

En relación con el componente suelo, los procesos de compactación y ocupación permanente permanecerán restringidos a las áreas destinadas a cimentaciones, plataformas, caminos internos y demás infraestructura asociada al Proyecto. Sin embargo, las superficies restauradas y revegetadas tenderán a recuperar gradualmente parte de sus propiedades físicas y ecológicas, favoreciendo la estabilidad superficial del terreno y disminuyendo la susceptibilidad a procesos erosivos.

Respecto al agua subterránea, se prevé que las condiciones de calidad del acuífero permanezcan sin modificaciones significativas durante la etapa operativa. La naturaleza de la infraestructura proyectada no

contempla procesos productivos, descargas de aguas residuales al subsuelo ni almacenamiento permanente de grandes volúmenes de sustancias peligrosas que pudieran representar una fuente continua de contaminación. Adicionalmente, la aplicación permanente de medidas de mantenimiento preventivo, manejo adecuado de residuos y atención oportuna de contingencias permitirá mantener controlados los riesgos potenciales identificados durante la evaluación ambiental.

En cuanto a la hidrología superficial, los procesos de infiltración y escurrimiento tenderán a estabilizarse bajo las nuevas condiciones de ocupación del terreno. La conservación de superficies permeables y de áreas con cobertura vegetal permitirá que continúen operando los mecanismos naturales de infiltración propios de la región kárstica, limitando las modificaciones hidrológicas al área estrictamente ocupada por la infraestructura eléctrica. En consecuencia, no se prevén alteraciones significativas en la dinámica hidrológica regional ni afectaciones a procesos de recarga del acuífero.

Desde la perspectiva paisajística, la presencia de la subestación eléctrica constituirá el principal cambio permanente dentro del sistema ambiental. No obstante, conforme transcurra el tiempo y se consoliden las áreas verdes, la vegetación conservada y las superficies revegetadas, el contraste visual generado por la infraestructura tenderá a integrarse gradualmente al entorno circundante. Aunque la modificación visual permanecerá como un impacto residual inherente al Proyecto, ésta se mantendrá restringida al entorno inmediato y no afectará de manera significativa la calidad paisajística regional.

Los impactos asociados a la calidad del aire, ambiente sonoro y generación de residuos disminuirán considerablemente una vez concluida la etapa constructiva. Durante la operación únicamente persistirán emisiones y niveles sonoros de baja intensidad asociados a actividades ocasionales de mantenimiento, los cuales se consideran compatibles con las condiciones ambientales existentes y de escasa relevancia ambiental.

Bajo este escenario de estabilización, los impactos residuales identificados durante la evaluación ambiental permanecerán principalmente asociados a la pérdida permanente de cobertura vegetal dentro del área de desplante, la ocupación definitiva de una porción del suelo, la modificación visual del paisaje y cambios localizados en los procesos de infiltración y escurrimiento superficial. Sin embargo, dichos impactos se mantendrán confinados al área de influencia directa del Proyecto, sin generar efectos acumulativos o sinérgicos que comprometan la funcionalidad de los ecosistemas presentes en el sistema ambiental regional.

La operación de la **Subestación Eléctrica de Maniobras Cruz Azul** aportará beneficios permanentes asociados al fortalecimiento de la infraestructura eléctrica regional, al incremento de la confiabilidad y estabilidad del suministro de energía, a la mejora de las condiciones operativas de la red eléctrica y al apoyo al desarrollo de actividades productivas y de servicios en la región. En consecuencia, se prevé que el escenario ambiental final corresponda a un sistema ambiental funcional, estable y ambientalmente compatible con la infraestructura proyectada, donde los impactos residuales permanecen controlados y localizados, coexistiendo con beneficios permanentes de carácter social, económico y de infraestructura

que contribuyen al desarrollo regional sin comprometer la capacidad de recuperación o funcionamiento del entorno natural.

VI.2 Conclusiones

Derivado de la caracterización ambiental, la evaluación de impactos ambientales, el análisis de los impactos residuales y la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, control y vigilancia ambiental propuestas, se concluye lo siguiente:

- ✓ El presente estudio se elaboró con el propósito de evaluar la viabilidad ambiental del Proyecto de construcción y operación de una subestación eléctrica, identificando los posibles impactos sobre los componentes físicos, biológicos, paisajísticos y socioeconómicos presentes en el área de estudio, así como las medidas necesarias para prevenir, mitigar y controlar las afectaciones ambientales derivadas de su ejecución.

- ✓ El área destinada al Proyecto se localiza dentro de la **Unidad Ambiental Biofísica 137 "Karst y Lomeríos de Campeche**", caracterizada por la presencia de terrenos calcáreos, relieve de lomeríos bajos y vegetación secundaria derivada de selvas tropicales estacionalmente secas, en un entorno que ha sido influenciado históricamente por actividades antropogénicas y el desarrollo de infraestructura regional.

- ✓ La vegetación presente corresponde principalmente a **Vegetación Secundaria Arbórea derivada de Selva Mediana Caducifolia (VSA/SMC)**, desarrollada sobre terrenos kársticos con distintos grados de regeneración natural. Las observaciones realizadas indican que se trata de comunidades secundarias sujetas previamente a procesos de perturbación, sin que se identificaran comunidades vegetales primarias o ecosistemas de alta fragilidad ecológica dentro del área de ocupación del Proyecto.

- ✓ Durante los recorridos de campo y la revisión de información disponible no se registraron especies de flora o fauna incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni se identificaron hábitats críticos, sitios de reproducción, anidación o refugio permanente que limiten el desarrollo del Proyecto.

- ✓ El sistema ambiental evaluado no presenta cuerpos de agua superficiales permanentes, humedales, manglares, ecosistemas costeros, Áreas Naturales Protegidas ni otros elementos ambientales que impongan restricciones absolutas para la instalación de la infraestructura proyectada.

- ✓ Los componentes ambientales con mayor sensibilidad corresponden al suelo, la vegetación secundaria, el paisaje y particularmente al sistema hidrogeológico regional, debido a la elevada permeabilidad característica del acuífero kárstico de la Península de Yucatán. No obstante, el Proyecto no contempla actividades que impliquen extracción intensiva de agua, alteración significativa de los patrones hidrológicos ni descargas directas al subsuelo.

- ✓ La evaluación de impactos ambientales permitió identificar que las principales afectaciones se relacionan con la remoción de vegetación secundaria arbórea, la modificación superficial del suelo, la alteración temporal del hábitat para la fauna silvestre, los riesgos potenciales de contaminación del acuífero y los cambios en la calidad visual del paisaje.

- ✓ El análisis efectuado mediante la matriz de impactos y la valoración de importancia ambiental arrojó un valor acumulado de importancia de **-330**, indicando el predominio de impactos adversos inherentes a las etapas constructivas. Sin embargo, dichos impactos fueron clasificados principalmente como **irrelevantes** y **moderados**, sin identificarse impactos negativos severos o críticos que comprometan la estabilidad o funcionalidad del sistema ambiental.

- ✓ Los impactos de mayor relevancia corresponden a la remoción de vegetación secundaria arbórea, la alteración temporal del hábitat de la fauna, la compactación y modificación superficial del suelo, el riesgo potencial de afectación al acuífero kárstico y la modificación permanente del paisaje por la incorporación de infraestructura eléctrica.

- ✓ Los impactos residuales se concentran principalmente en la pérdida permanente de cobertura vegetal secundaria dentro del área de ocupación del Proyecto y en la modificación visual del paisaje derivada de la presencia de estructuras, equipos y obras civiles. No obstante, estas afectaciones se presentan sobre un entorno previamente influenciado por infraestructura y actividades humanas, por lo que no modifican de manera significativa la dinámica ecológica regional.

- ✓ La aplicación de las medidas de prevención, mitigación, control y vigilancia ambiental propuestas permitirá reducir la magnitud de los impactos identificados, particularmente aquellos relacionados con la protección del suelo, el manejo adecuado de residuos, la prevención de contaminación al acuífero, la protección de la fauna silvestre y el control de emisiones de polvo y ruido durante la construcción.

- ✓ El Programa de Vigilancia Ambiental permitirá verificar el cumplimiento de las medidas ambientales propuestas, detectar oportunamente desviaciones o impactos no previstos y establecer acciones correctivas cuando resulte necesario, garantizando la adecuada gestión ambiental del Proyecto durante todas sus etapas.

- ✓ Desde el punto de vista socioeconómico, el Proyecto contribuirá a la generación de empleos temporales durante la construcción, al incremento de la demanda de bienes y servicios locales y al fortalecimiento de la infraestructura energética regional.

- ✓ Los impactos positivos de mayor relevancia corresponden al fortalecimiento de la red eléctrica regional y al incremento en la confiabilidad y continuidad del suministro eléctrico, ambos clasificados

como impactos **severos positivos** debido a su permanencia, alcance regional y contribución al desarrollo económico y social de la zona de influencia.

- ✓ La operación de la subestación eléctrica permitirá mejorar las condiciones de suministro de energía para la población y las actividades productivas de la región, contribuyendo al fortalecimiento de la infraestructura estratégica necesaria para el desarrollo presente y futuro del municipio de Seybaplaya y áreas circundantes.

- ✓ Considerando las características ambientales del sitio, la naturaleza de los impactos identificados, la eficacia esperada de las medidas de manejo ambiental propuestas y los beneficios asociados a la operación de la infraestructura eléctrica, se concluye que el balance ambiental del Proyecto es favorable y que su ejecución resulta ambientalmente **viable**.